

**Федеральное агентство научных организаций (ФАНО России)  
Отделение нанотехнологий и информационных технологий  
Российской академии наук  
Министерство транспорта Российской Федерации  
ОАО «Российские железные дороги»  
Институт проблем транспорта  
им. Н.С. Соломенко Российской академии наук  
Библиотека Российской академии наук**

**«ТРАНСПОРТ РОССИИ:  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ -  
2017»**

**14-15 НОЯБРЯ 2017 ГОДА**

**Материалы  
международной  
научно–практической конференции**

Санкт-Петербург – 2017

Настоящий сборник составлен по материалам Международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ – 2017», проводимой в Санкт-Петербурге на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук и Библиотеки Российской академии наук.

В сборнике представлены выступления, посвященные современным проблемам в транспортном комплексе и путям их решения.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законодательства об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

Полные тексты статей в открытом доступе размещены в Научной электронной библиотеке Elibrary.ru и зарегистрированы в наукометрической базе РИНЦ в соответствии с Договором № СИО-7225/2017 от 10.10.2017

*Под редакцией Малыгина Игоря Геннадьевича*

*доктора технических наук, профессора,*

*директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки*

*Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко*

*Российской академии наук*

**С65 Транспорт России: проблемы и перспективы - 2017.** Материалы Международной научно-практической конференции, 14-15 ноября 2017 г. СПб.: ИПТ РАН. – Санкт-Петербург. 2017. 475 с.

ISBN 978-5-9908209-6-8

ВБК 39

© ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2017

© Коллектив авторов, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Малыгин И.Г., Асаул А.Н.</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ ПАРКОВОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА.....	9
<i>Комашинский В.И., Шаталова Н.В.</i> ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ГЛОБАЛИЗАЦИЯ В ПЕРИОД 4-й ИНДУСТРИАЛЬНОЙ РЕВОЛЮЦИИ (ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ).....	13
<i>Артамонов В.С., Лукин В.Н., Мусиенко Т.В.</i> СЕВЕРНЫЙ МОРСКОЙ ПУТЬ: РИСКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ВОЕННАЯ ЗАЩИТА.....	20
<i>Бахмутская А.В., Васьков В.Т.</i> ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ НЕОБХОДИМОГО ЧИСЛА ДИСПЕТЧЕРОВ В ПУНКТЕ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ РЕЧНЫМИ СУДАМИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ.....	23
<i>Афанасьев А.П., Сафонова А.П.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СУДОХОДСТВОМ НА ВНУТРЕННЕМ ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	29
<i>Ларин О.Н., Альметова З.В.</i> КИТАЙ РАЗВИВАЕТ МЕХАНИЗМЫ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЗАРУБЕЖНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ.....	32
<i>Кисленко А.Н.</i> ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОРНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ЕВРОПЕЙСКОГО И ПРИУРАЛЬСКОГО СЕВЕРА РОССИИ.....	36
<i>Цыганов В.В., Савушкин С.А., Лемешкова А.В.</i> КАТАЛОГИЗАЦИЯ УСЛУГ В ОРГАНИЗАЦИОННОМ УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИЕЙ.....	40
<i>Савушкин С.А.</i> ФОРМАЛИЗАЦИЯ КАТАЛОГА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ.....	44
<i>Целикова Т. В., Трудов О.Г.</i> О ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ СТОИМОСТИ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ПЕРЕВОЗКИ.....	47
<i>Зенина Н.Н.</i> ЭКОНОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕГЛАМЕНТА ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ.....	50
<i>Ляхов С.В., Михайлов В.В., Снитков А.Г.</i> АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АПРОБАЦИИ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ.....	54
<i>Машарский З.В.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	59
<i>Мирфатуллаев Мир-Гусейн Мир-Шамиль оглы</i> ПРОБЛЕМЫ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ. ПУТИ РЕШЕНИЯ.....	62
<i>Колесников М.В., Долгий А.И.</i> СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА В РОССИИ.....	66
<i>Цыганов В.В., Лемешкова А.В.</i> ОПТИМАЛЬНАЯ ГАРАНТИРУЮЩАЯ СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ В ДОРОЖНОЙ ИГРЕ.....	69
<i>Кумиров С.В., Аверьянов Д.А., Белов Д.Я.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОГРАММ В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ.....	73
<i>Кокурин И.М.</i> ОБОСНОВАНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ.....	76
<i>Сергеева Н.Г., Дружинин П.В., Гуляева О.А.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ.....	79
<i>Кисленко А.Н., Малащук П.А.</i> О СТРУКТУРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ЕВРОПЕЙСКОМ И ПРИУРАЛЬСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ.....	84
<i>Четчуев М.В., Викулов Е.С.</i> ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ МАГИСТРАЛЬ «БЕЛКОМУР»: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОЕКТА.....	88
<i>Тимченко В.С., Ковалев К.Е.</i> ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОСТЕЙ ЗАНЯТИЯ ПРИЕМО-ОТПРАВОЧНЫХ ПУТЕЙ ТЕХНИЧЕ- СКОЙ СТАНЦИИ С УЧЕТОМ КОЛИЧЕСТВА ПОЕЗДНЫХ ЛОКОМОТИВОВ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	91

<b>Грачев А.А., Шутков И.Н.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ПОНЯТИЯ КОНФИГУРАЦИИ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЧАСТКА.....	94
<b>Колесников И.В. Мартынюк И.В.</b> КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МАГНИТО- ЛЕВИТАЦИОННОЙ ВАКУУМНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ.....	99
<b>Арсланова Д.Н., Овсянников Д.А., Сычевский С.Е.</b> РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ МАГНИТНЫХ ПОДВЕСОВ ДЛЯ ЛЕВИТАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	102
<b>Беляков В.А., Неженцев А.Н., Сычевский С.Е.</b> РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПОЛНОМАСШТАБНЫХ ПРОТОТИПОВ УПРАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ЛЕВИТАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ.....	106
<b>Запретилина Е.Р., Родин И.Ю., Сафонов А.В.</b> ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХПРОВОДНИКОВЫХ МАГНИТОВ НА ОСНОВЕ ВТСП-2 В ПОДВЕ- САХ ЛЕВИТАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ.....	109
<b>Уголков С.В., Сергеев А.А.</b> РАСЧЕТ ВОЗМОЖНЫХ РАЗРУШЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРА- СТРУКТУРЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ КРЫЛАТЫХ РАКЕТ.....	112
<b>Донцов И.П., Петров А.Г.</b> ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОЙСК ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ.....	117
<b>Завальнюк С.И., Белоножко И.С., Русин А.А.</b> СТЫКОВКА РЕЧНЫХ ЧАСТЕЙ НАПЛАВНЫХ МОСТОВ МЛЖ-ВФ-ВТ И НЖМ-56.....	121
<b>Дрецинский В.А.</b> НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КРАТКОСРОЧНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ.....	126
<b>Трудов О.Г., Целикова Т.В.</b> О РАЗРАБОТКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА МОДИФИКАЦИ- ОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СЛОЖНЫХ ПОЖАРНО- ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	130
<b>Бардулин Е.Н.</b> ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ПРИ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	133
<b>Мардас Д.А., Соколов С.А.</b> СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ КАК РЕЗЕРВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НА ОБЪЕК- ТАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ.....	137
<b>Соколов С.А., Мардас Д.А., Донцов И.П.</b> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА РАСЧЕТНУЮ ГЛУБИНУ ПРОМЕРЗА- НИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В УСЛОВИЯХ СИБИРСКОГО РЕГИОНА.....	140
<b>Черкасов Е.Н., Русин А.А., Баранов В.Г.</b> ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА ПРИ ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	144
<b>Ломов В.А., Бухов Е.И., Степанов А.А.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ.....	147
<b>Герцик Д.В., Семенов А.Г.</b> РАЗРАБОТКА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБОГРЕВА СТРЕЛОЧНОГО ПЕРЕВОДА НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ.....	152
<b>Гончарова Н.А.</b> ПРИЧИНЫ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ ГРУЗОВОЙ И КОММЕРЧЕСКОЙ РАБОТЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	156
<b>Соляник В.В.</b> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ ОПТИМИ- ЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ НА СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ.....	159
<b>Ищенко А.Д., Шурыгин М.А.</b> ПЛАНИРОВАНИЕ МАРШРУТА СЛЕДОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО УЧЕБНО- ТРЕНИРОВОЧНОГО КОМПЛЕКСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБОСНОВАННОЙ НЕОБХОДИМОСТИ.....	163
<b>Маслаков М.Д.</b> НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОБЯЗАТЕЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	166
<b>Богданов А.В.</b> КОГНИТИВНЫЕ КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В ЗАЩИТЕ МУЗЕЙНЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	170

<b>Белов А.В.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЙСК ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ .....	174
<b>Зайцев Е.Н., Шайдуров И.Г.</b> СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	178
<b>Шаталова Н.В., Козьмовский Д.В., Борисов А.Н.</b> СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.....	183
<b>Черных А.К.</b> КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ПОСТРОЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ.....	185
<b>Володин А.Б.</b> КОНЦЕПЦИИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИ- ОННОЙ СИСТЕМЫ «ЕДИНОЕ ОКНО» .....	190
<b>Головченко Г.В.</b> ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВИАПРЕД- ПРИЯТИЙ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИТ-РЕШЕНИЙ.....	197
<b>Рубцов Е.А., Соболев Е.В., Григорьев С.В.</b> СИСТЕМА СВЯЗИ, НАВИГАЦИИ И НАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ.....	200
<b>Рубцов Е.А., Мешалов Р.О., Опарин А.И.</b> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ ОБЛАСТИ СИСТЕМ АВИАЦИОННОЙ ЦИФРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ .....	204
<b>Аракчеев А.В., Бабиков И.А., Танклевский Л.Т.</b> НОВЫЕ ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЕ АЭРОВОКЗАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	208
<b>Павлов С.Н., Семенов А.Г.</b> СПОСОБ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ВЕРТОЛЕТОВ И ДИРИЖАБЛЕЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ И СТЕПНЫХ ПОЖАРОВ .....	212
<b>Байрамов А.Б., Муксимова Р.Р., Петухов Г.М.</b> ВЛИЯНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА НА ОПЕРАТИВНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АЭРОПОРТА.....	216
<b>Байрамов А.Б., Петухов Г.М.</b> ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ПЕПЕЛ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ МЕЖДУНА- РОДНОЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.....	219
<b>Зубков Б.В., Овченков Н.И., Юдаев В.В.</b> УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ДОСМОТРА БАГАЖА НА ОСНОВЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЕГО ПРОВЕДЕНИЯ В МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ	223
<b>Житников В.П., Тимеряев Т.В., Муксимова Р.Р.</b> ДЕКОМПОЗИЦИЯ ГРАФОВ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	226
<b>Иванович Т.Л., Осадчий А.И., Осадчий С.А.</b> ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	229
<b>Киселенко А.Н., Сундуков Е.Ю.</b> АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ ПОДХОДОВ К СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ НА ЕВРОПЕЙСКОМ И ПРИУРАЛЬСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ.....	233
<b>Баскин Ю.Г., Свидзинская Г.Б.</b> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ АВАРИЙНО- СПАСАТЕЛЬНОГО ФЛОТА РОССИИ.....	238
<b>Каминский В.Ю., Мурамович В.В.</b> УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПО ЗАДАННОМУ РЕЛЬЕФУ ДНА.....	242
<b>Селеня К.А., Янжура А.С., Иванович Т.Л.</b> ТРАНСФОРМАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В «ЦИФРОВУЮ ЭКОНОМИКУ» МОРСКОГО ТРАНСПОРТА.....	247
<b>Богданов А.Г., Скороходов Д.А., Королев О.А.</b> ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ .....	252
<b>Минкин Д.Ю.</b> ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ К ДЕЙСТВИЯМ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ С ЗАТОПЛЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	256

<b>Вислогузов В.В., Кушпиль И.В., Таранцев А.А.</b> О ДИНАМИКЕ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА В ОТСЕКАХ ОБЪЕКТОВ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ И АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ.....	260
<b>Круглеевский В.Н.</b> О МУЛЬТИКРИТЕРИАЛЬНОМ СПОСОБЕ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ В СУДОВЫХ СИСТЕМАХ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ.....	265
<b>Черный С.Г., Будник В.Ю.</b> КЛАСТЕР ПРОБЛЕМАТИКИ В НАВИГАЦИОННЫХ АСПЕКТАХ ПРОХОЖДЕНИЯ СУДОВ В АКВАТОРИИ КРЫМСКОГО МОСТА.....	271
<b>Маринов Марин Любенов</b> МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ЦЕННОСТНОЙ ОЦЕНКИ ДЕЙСТВИЙ СУДОВОДИТЕЛЕЙ НА ТРЕНАЖЕРАХ.....	275
<b>Маринов Марин Любенов</b> НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА В ЦЕЛЯХ БЕЗОПАСНОСТИ НА МОРЕ.....	279
<b>Стариченков А.Л., Лукомский Ю.А., Скороходов Д.А.</b> МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВ НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ.....	283
<b>Богданов А.Г., Скороходов Д.А., Королев О.А.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРИВОДА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ .....	289
<b>Ивановский Н.В., Новоселов Д.А., Куценко Д.Г.</b> МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ МАНЕВРИРОВАНИЕМ ПРОМЫСЛОВОГО СУДНА ПРИ ЛОВЛЕ РЫБЫ КОШЕЛЬКОВЫМ НЕВОДОМ.....	295
<b>Рыбин О.А.</b> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА.....	299
<b>Ложкина О.В., Рогозинский Г.Г., Ложкин В.Н.</b> КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО И ВОДНОГО ТРАНСПОРТА НА ГОРОДСКУЮ СРЕДУ.....	304
<b>Калач А.В.</b> СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АВАРИЙ НА НЕФТЕПРОВОДАХ .....	309
<b>Крутолапов А.С.</b> ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ВЕРТОЛЕТНЫХ ПЛОЩАДОК КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАТФОРМ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА.....	312
<b>Демехин Ф.В.</b> СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ .....	315
<b>Таранцев А.А.</b> ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЧИСЛА АВАРИЙНО-НАЛАДОЧНЫХ БРИГАД ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧС НА НЕФТЕГАЗОПРОВОДАХ.....	318
<b>Каминский В.Ю., Скороходов Д.А., Козьмовский Д.В.</b> КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА.....	322
<b>Марухин П.Н., Пивоваров Н.Ю.</b> ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ ТОПЛИВА В РЕЗЕРВУАРАХ.....	327
<b>Фомин А.В., Шахманов Ф.Ф.</b> СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ.....	330
<b>Медведев М.С., Добрецов Р.Ю.</b> МЕХАНИЗМ ПОВОРОТА С НЕЛИНЕЙНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ ДЛЯ ПОЖАРНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН.....	334
<b>Бондар А.И., Кураков А.В., Селиверстов С.А.</b> ОБЗОР КРИТЕРИЕВ ИЗМЕРЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОНФЛИКТА .....	338
<b>Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А., Лукомская О.Ю.</b> ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА В МЕГАПОЛИСЕ.....	342
<b>Фахми Шакиб Субхиевич, Еид Муса Мухаммед, Костикова Е.В., Гаврилов И.А.</b> ЛИНЕЙНЫЙ И РЕКУРСИВНЫЙ АЛГОРИТМЫ РАЗБИЕНИЯ И СТРУКТУРИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	346
<b>Фахми Шакиб Субхиевич, Еид Муса Мухаммед, Костикова Е.В., Альмахрук Мухиб Мухаммед</b> СИСТЕМАТИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ.....	350

<i>Янжура А.С., Осадчий А.И., Бушманов С.М.</i> РАЗРАБОТКА РЕГИСТРАТОРА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ.....	355
<i>Волков А.К.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОКУЛОМОТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗРИТЕЛЬНОГО ПОИСКА ОПАСНЫХ ПРЕДМЕТОВ ОПЕРАТОРАМИ ДОСМОТРА.....	359
<i>Волков А.К.</i> АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ОПЕРАТОРОВ РЕНТГЕНТЕЛЕВИЗИОН- НЫХ ИНТРОСКОПОВ.....	363
<i>Фахми Шакиб Субхиевич, Еид Муса Мухаммед, Костикова Е.В., Салем Али</i> ТРАНСПОРТНЫЕ ВИДЕОСИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ: АЛГОРИТМЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАСПОЗНАВАНИЯ .....	366
<i>Мамей С.А., Болгаров Н.И.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ В ВООРУЖЕННЫЕ СИЛЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	374
<i>Каминский В.Ю., Мурамович В.Г., Анисимов П.Ф.</i> МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ЭМИССИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВС.....	376
<i>Копкин Е.В.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ.....	382
<i>Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Кобелев Е.</i> НАТУРНЫЕ И ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УГАРНОГО ГАЗА ВБЛИЗИ МОДЕЛЬНОГО ЛОКАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ГОРЕНИЯ ТОРФА.....	387
<i>Бобрик П.П.</i> ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ТАРИФОВ НА КОРИДОРАХ ВЕЛИКОГО ШЕЛКОВОГО ПУТИ.....	391

## СЕКЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

<i>Коникова Е.В., Тецлав И.А.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБСЛУЖИВАНИЕМ ПассажиРОВ В АВИАЦИОННОМ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОМ УЗЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	395
<i>Атаев П.Г.</i> ВНЕТРАНСПОРТНЫЙ ЭФФЕКТ ОТ ОРГАНИЗАЦИИ ВНУТРИГОРОДСКИХ ПассаЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК РЕЛЬСОВЫМ ТРАНСПОРТОМ.....	399
<i>Фомина И.В., Шевелёва А.А.</i> ОПОРНЫЕ АЭРОПОРТЫ И АЭРОДРОМЫ ЕВРОПЕЙСКОГО И ПРИУРАЛЬСКОГО СЕВЕРА РОССИИ.....	403
<i>Парфенов А.С.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПО СОВМЕСТНОМУ СОЗДАНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЯСА ШЕЛКОВОГО ПУТИ И МОРСКОГО ШЕЛКОВОГО ПУТИ XXI ВЕКА.....	406
<i>Парфенов А.С.</i> ПРАКТИЧЕСКИЕ ДЕЙСТВИЯ ПО СОВМЕСТНОМУ СОЗДАНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЯСА ШЕЛКОВОГО ПУТИ И МОРСКОГО ШЕЛКОВОГО ПУТИ XXI ВЕКА.....	410
<i>Подопригора Н.В., Добромиров В.Н., Стёпина П.А.</i> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТОРМОЗНОЙ ЖИДКОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРАБАТЫВАНИЯ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ЭКСПЕРТИЗЕ ДТП.....	414
<i>Кушпиль И.В., Кураков А.В.</i> ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ.....	417
<i>Лосев М.А., Таранцев А.А.</i> ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗГОННОГО БЛОКА С КОНТЕЙНЕРОМ ДЛЯ ЭКСТРЕННОЙ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ .....	421
<i>Тарима С.В., Родионов В.А.</i> АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВОЗГОРАНИЙ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ КАРЬЕРНОГО АВТОТРАНСПОРТА.....	425
<i>Сорокин А.Ю., Иванов А.В., Мифтахутдинова А.А.</i> МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	428

<b>Марасанова К.Н., Шидловский А.Л.</b> ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ УГЛЯ.....	433
<b>Чикитов Ю.И., Вислогузов В.В.</b> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА, УГРОЖАЮЩИХ ТРАНСПОРТНЫМ МАГИСТРАЛЯМ, С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	438
<b>Жуков А.О., Киселев Д.В.</b> ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИКОЙ АЭРОМОБИЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ ПРИ РЕАГИРОВАНИИ НА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ.....	441
<b>Лукомская О.Ю., Яруллин А.Р.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО ВОДНЫМ И ГОРОДСКИМ ТРАНСПОРТНЫМ КОММУНИКАЦИЯМ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА (КЛАСТЕР «ВАСИЛЬЕВСКИЙ ОСТРОВ») .....	444
<b>Бордюг А.С.</b> ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ МАЛООБОРОТНОГО ДВУХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ СЭУ В УСЛОВИИ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА.....	449
<b>Руденко Н.И.</b> НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОЦИАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНДУКТОРОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА.....	453
<b>Борисов А.Н., Борисова М.А.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМОГО ДВИЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ БОРТОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДОЙ.....	457
<b>Чистякова О.И.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В РЕАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ.....	460
<b>Буров И. А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СФЕРЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ .....	463
<b>Селиверстов Я.А., Гергель Г.Ю., Селиверстов С.А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО УЧЕТА ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ .....	467
<b>Абдразакова Маржан, Султанали уулу Нурлан, Сериккажиева Раушан</b> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ SDN В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ.....	472
<b>Султанали уулу Нурлан, Абдразакова Маржан, Сериккажиева Раушан</b> ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТЕЙ 5G В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ.....	475



## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ ПАРКОВОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

*Малыгин Игорь Геннадьевич* – доктор технических наук, профессор, директор ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, malygin\_com@mail.ru

*Асаул Анатолий Николаевич* – доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры экономики предпринимательства и инноваций ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, asaul@yandex.ru

Аннотация. Производится анализ динамики численности населения Санкт-Петербурга и уровня автомобилизации в контексте усиления транспортных проблем. Развитие последних, связывается с ошибками в организации парковочного пространства. Исследуются вопросы влияния организации парковочного пространства на эффективность функционирования транспортной системы и безопасность дорожного движения. Представлены технологические решения в границах концепции интеллектуализации, позволяющие повысить качество организации и функционирование парковочного пространства. Рассматривается проблема создания интеллектуального метода для поиска предпочтительных мест организации парковочного пространства. Предлагается метод и описываются его достоинства.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, системы уличной парковки, методы организации парковочного пространства, интеллектуализация.

## INTELLIGENT METHOD OF THE ORGANIZATION THE PARKING SPACE OF SAINT-PETERSBURG

*Malygin Igor'* – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, malygin\_com@mail.ru

*Asaul Anatolii* – Doctor of Economic Sciences, Professor, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPSUACE),

2-nd Krasnoarmeiskaya str., 4, St.Petersburg, 190005, Russian Federation, asaul@yandex.ru

Abstract. An analysis is made of the dynamics of the population of St. Petersburg and the level of motorization in the context of increasing transport problems. The development of the latter is associated with errors in the organization of the parking space. The problems of the parking space organization influence on the efficiency of the transport system functioning and traffic safety are investigated. Presented are technological solutions within the scope of the concept of intellectualization, allowing to improve the quality of the organization and functioning of the parking. The problem of creating an intelligent method for finding the preferred places for organizing a parking space is considered. The method is proposed and its merits are described.

Keywords: intelligent transport system, street parking systems, methods of parking space organization, intellectualization.

Санкт-Петербург – крупнейший мегаполис Европы [1] (рис. 1а). Мегаполис с растущей численностью населения и личным доходом населения, а, следовательно, и стабильно растущей автомобилизацией [2], рис. 1б).



Рисунок 1 – а) территориальная транспортная система Санкт-Петербурга как часть Транспортного комплекса Петербурга; б) динамика развития численности населения и уровня автомобилизации в Санкт-Петербурге

Ускоренный рост автомобилизации и увеличение мобильности населения с одной стороны, и отставание в развитие транспортной инфраструктуры с другой стали причиной серьезных транспортных проблем [3], а именно:

- снижение пропускной способности улично-дорожной сети (УДС);
- нарушение правил дорожного движения;
- ухудшение качества перевозки;
- повышение вероятности дорожно-транспортных происшествий;
- ухудшение экологической ситуации в мегаполисе.

Одной из ключевых причин порождающих весь перечень перечисленных транспортных проблем являются ошибки в организации парковочного пространства.

Исследования в области транспортного поведения водителей при поиске свободного места парковки показали, что время поиска парковки может составлять в среднем до 25% от общего времени поездки [4]. Анализ результатов опроса водителей указывает на еще более высокие доли - водители автомобилей оценивают время поиска парковки примерно в 1,5-2 от времени затраченного на поездку [5].

Таким образом, все выше представленное свидетельствует, что проблема размещения, организации и функционирования парковочного пространства в границах концепции интеллектуализации [6,7] является одной из основных для транспортной системы Санкт-Петербурга.

В настоящее время большинство исследований [8-10] направлено на решение проблемы обнаружения свободного парковочного места на уже организованном парковочном пространстве. Системы, призванные выполнить эту функцию получили название *системы уличной парковки (street parking system)*. Состав таких систем [8-10] может включать: видеодетектор, детектор индуктивной петли, ультразвуковой датчик, акустический датчик, инфракрасный датчик, магниторезистивные датчики. Каждая из систем имеет свои достоинства и недостатки, может быть интеллектуализирована.

Вопросы построения интеллектуальных систем навигации и управления на основе агентов и информационных систем управления паркингом с активным распределением, призванных интеллектуализировать функционал по поддержке ведения переговоров о свободном месте на парковке, ценовой составляющей, бронировании и следованию по маршруту до парковки без вмешательства водителя рассматриваются в работах [11,12].

Однако по множеству причин [13], как в России, так и за рубежом, до настоящего времени отсутствует подход позволяющей выдать точные рекомендации в каких местах мегаполиса наиболее эффективно организовать парковочное пространство (или паркинг) и принципы создания интеллектуальной системы призванной решить эту задачу.

Проведенный нами анализ позволил выделить существующий в настоящее время подход, направленный на ее решение, который мы назвали – интуитивный.

Особенности данного подхода:

- случайный выбор мест для организации платных парковок;
- отсутствие статистической информации об автомобильной активности в зоне предполагаемой парковки;
- повышенные экономические риски из-за вложений в организацию платной парковки в неэффективной зоне;
- низкий уровень контроля и выполнения надлежащего уровня безопасности в зоне платной парковки;
- высокая вероятность снижения эффективности работы улично-дорожной сети (УДС) из-за ошибочного размещения парковки.

Опираясь на вышеизложенное, нами был разработан интеллектуальный метод определения предпочтительных мест для организации парковочного пространства Санкт-Петербурга на основе обработки видео информации.

Данный метод включает четыре этапа.

1. Анализ и сбор данных транспортной активности городского населения с использованием видеoinформации (рис. 2).
2. Обработка данных и определение участков УДС обладающих максимальной парковочной активностью.
3. Кластеризация участков УДС с учетом парковочной активности. Ранжирование и выделение тех областей, где наиболее целесообразно организовать платные парковки.
4. Разработка наиболее экономически выгодных проектов организации парковочного пространства с учетом парковочной активности и социально-экономической характеристики данной локальной области.



Рисунок 2 – Сбор данных парковочной активности с использованием видеoinформации

Суть первого и второго этапа состоит в следующем. Город разбивается на определенные области с четкими границами участков УДС или «пятнами» территории свободными от застройки (где предполагается разместить парковки), которые оснащаются специализированной системой видеонаблюдения. В течение определенного периода (например, месяц) круглосуточно производится интеллектуальный мониторинг автомобильной и парковочной активности. В течение этого периода производится непрерывная обработка данных и определение участков УДС, обладающих максимальной парковочной активностью. На основании

этих данных осуществляется ранжирование областей, где наиболее выгодно разместить платные парковки, а так же очередность размещения.

Таким образом, проблема организации парковочного пространства приобретает научный подход на основе точной статистической информации об автомобильной активности в зоне предполагаемой парковки.

Вывод: предложенный подход позволит реализовать процесс рациональной организации парковочного пространства Санкт-Петербурга в границах интеллектуализации транспортной системы, а так же обеспечить повышение доходности парковочного пространства и качества его функционирования, выделить зоны наиболее экономически выгодные для организации платных парковок, определить очередность их развертывания в зависимости от автомобильной активности, вводить прогрессивную шкалу стоимости за парковку в зависимости от автомобильной активности в течение суток, обеспечить выполнение плановых показателей пропускной способности УДС, повысить качество функционирования транспортной системы и т.п.

#### *Список литературы*

1. Петрович М.Л., Истомина Л.Ю., Жеблиенок М.А. и др. Транспортные проблемы Санкт-Петербурга, решаемые на уровне комплексного планирования территориальной транспортной системы / Аналитическая записка. Санкт-Петербург. ООО «Лаборатория градопланирования», 2015 г. 40 с., [http://labgrad.ru/d/180205/d/01\\_analiticheskayazapiska\\_problemytsspb29\\_05\\_2015.pdf](http://labgrad.ru/d/180205/d/01_analiticheskayazapiska_problemytsspb29_05_2015.pdf)
2. <https://www.autostat.ru/press-releases/27115/>
3. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А., Лукомская О.Ю. Разработка структурной схемы системы городского транспортно-логистического мониторинга // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2016. Т. 10. № 12. С. 55-64.
4. Polak J.W., Axhausen K.W. Parking search behaviour: A review of current research and future prospects. Working paper, Transport Studies Unit. Oxford University. 1990. 540 p.
5. Axhausen K.W., Polak J.W., Belize M. Effectiveness of Parking Guidance and Information Systems: Recent Evidence from Nottingham and Frankfurt am Main. 1993. P.6. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.498.6837&rep=rep1&type=pdf>
6. Малыгин И.Г. Интеллектуальные системы в городском транспортном комплексе. Экономика качества. 2013. № 4. С.81-91.
7. Asaul A., Malygin I., Komashinskiy V. The Project of Intellectual Multimodal Transport System // 12th International Conference «Organization and Traffic Safety Management in Large Cities», SPbOTSIC-2016, 28-30 September 2016, St. Petersburg, Russia. Scopus. Transportation Research Procedia 20 (2017) p. 25–30. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.006.
8. Pathirana P.N., Lim A.E.K., Savkin A.V., Hodgson P. D. Robust video/ultrasonic fusion-based estimation for automotive applications, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 56, no. 4, pp. 1631-1639, 2007.
9. Kong Q.-J., Li Z., Chen Y., Liu Y. An approach to Urban traffic state estimation by fusingmultisource information, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 10, no. 3, pp. 499–511, 2009.
10. Zhang L., Wang R., Cui L. Real-time traffic monitoring with magnetic sensor networks, Journal of Information Science and Engineering, vol. 27, no. 4, pp. 1473-1486, 2011.
11. Balboa F., Pinsona S. Dynamic Modeling of a disturbance in a Multi-Agent System For Traffic Regulation / Decision Support Systems, vol.41, no.1, pp. 131-146, 2005.
12. Li Y., Ma R., Wang L. Intelligent Parking Negotiation Based On Agent Technology, WASE International Conference on Information Engineering, pp. 265-268, 10-11 July 2009.
13. Banister D. with K. Button and P. Nijkamp. Environment, Land Use and Urban Policy. Cheltenham: Edward Elgar. 1999.

## ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ГЛОБАЛИЗАЦИЯ В ПЕРИОД 4-й ИНДУСТРИАЛЬНОЙ РЕВОЛЮЦИИ (ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ)

*Комашинский Владимир Ильич* – доктор технических наук, заместитель директора по научной работе

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, В.О., 12 линия, д. 13, kama54@rambler.ru

*Шаталова Наталья Викторовна* – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, В.О., 12 линия, д. 13, shatillen@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены проблемные вопросы глобализации в контексте четвертой индустриальной революции в сфере транспорта. Рассмотрены перспективы участия транспортной отрасли РФ в процессах Глобализации 4.0.

Ключевые слова: четвертая индустриальная революция, основной научно-технический блок, автономный транспорт, интеллектуальная транспортная система.

## TRANSPORT TECHNOLOGIES AND GLOBALIZATION IN THE PERIOD OF THE 4th INDUSTRIAL REVOLUTION (PROBLEMS AND PROSPECTS)

*Komashinsky Vladimir* – Doctor of Technical Sciences, Deputy Director for Research of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, kama54@rambler.ru

*Shatalova Natalya* – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, shatillen@mail.ru

Abstract. The problematic issues of globalization are considered in the context of the fourth industrial revolution in the field of transport. The prospects of participation of the Russian transport sector in the Globalization processes 4.0 are considered.

Keywords: fourth industrial revolution, the main scientific and technical block, autonomous transport, intellectual transport system.

Задолго до начала индустриальной эпохи (до пятнадцатого века) коммуникационные и транспортные технологии оставались отсталыми, каждая часть мир был относительно изолирован, тенденции последующей глобализации еще не нашли появления (табл. 1). С начала XVI века, с развитием различных форм технологии, и в частности навигационных технологий, ряд европейских стран, таких как Португалия, Испания, Нидерланды, Великобритания и Франция сосредоточились на открытии новых морских путей. После их обнаружения эти страны посредством войн, грабежей и колониальной экономики, смогли сформировать прямые экономические связи с другими регионами мира, это был период, предшествующий глобализации. В прединдустриальный период расширения торговых связей можно назвать португальской моделью, характеризующейся как военный грабеж.

Основные технологические блоки индустриальных революций представлены на рисунке 1, а основные отличительные особенности промышленных революций определены в таблице 2.

Таблица 1 – Отличительные особенности глобализации

Этапы глобализации	Технологические особенности	Страны инициаторы	Политические и экономические особенности
Глобализация 1.0	Паровой двигатель, пароходы, паровозы и железные дороги, электрические системы связи (аналоговые)	Англия	Военная колонизация
Глобализация 2.0	Электрические и бензиновые двигатели новый автомобильный и воздушный транспорт, модернизированный водный и железнодорожный транспорт. Цифровые системы связи (проводные и радио)	США Германия, Россия Великобритания	Колонизация и деколонизация, формирование двух моделей глобализации, основанных на рыночной и плановой экономиках
Глобализация 3.0	Электроника, вычислительная техника, информационные технологии, автоматизация промышленности, транспорта, средств связи (конвергенция ИТ и промышленных технологий)	США Япония Китай Южная Корея Германия Франция	Экономическая и технологическая колонизация (применение экономических и технологических санкций как инструменты принуждения), формирование глобальных экономических, торговых, политических и финансовых организаций ООН и США
Глобализация 4.0	Искусственный интеллект, интеллектуализация промышленности и промышленных изделий, автономный транспорт (автомобильный, авиационный, водный, железнодорожный) и транспортные инфраструктуры. Когнитивные телекоммуникационные системы и сети (конвергенция ИТ, II и промышленных технологий)	Германия Китай США Япония Англия	Децентрализованное распределенное равноправное и взаимовыгодное политическое и экономическое международное взаимодействие, цифровизация и интеллектуализация экономики и социальной сфер, широкое применение искусственного интеллекта и социально ориентированных интеллектуальных роботов

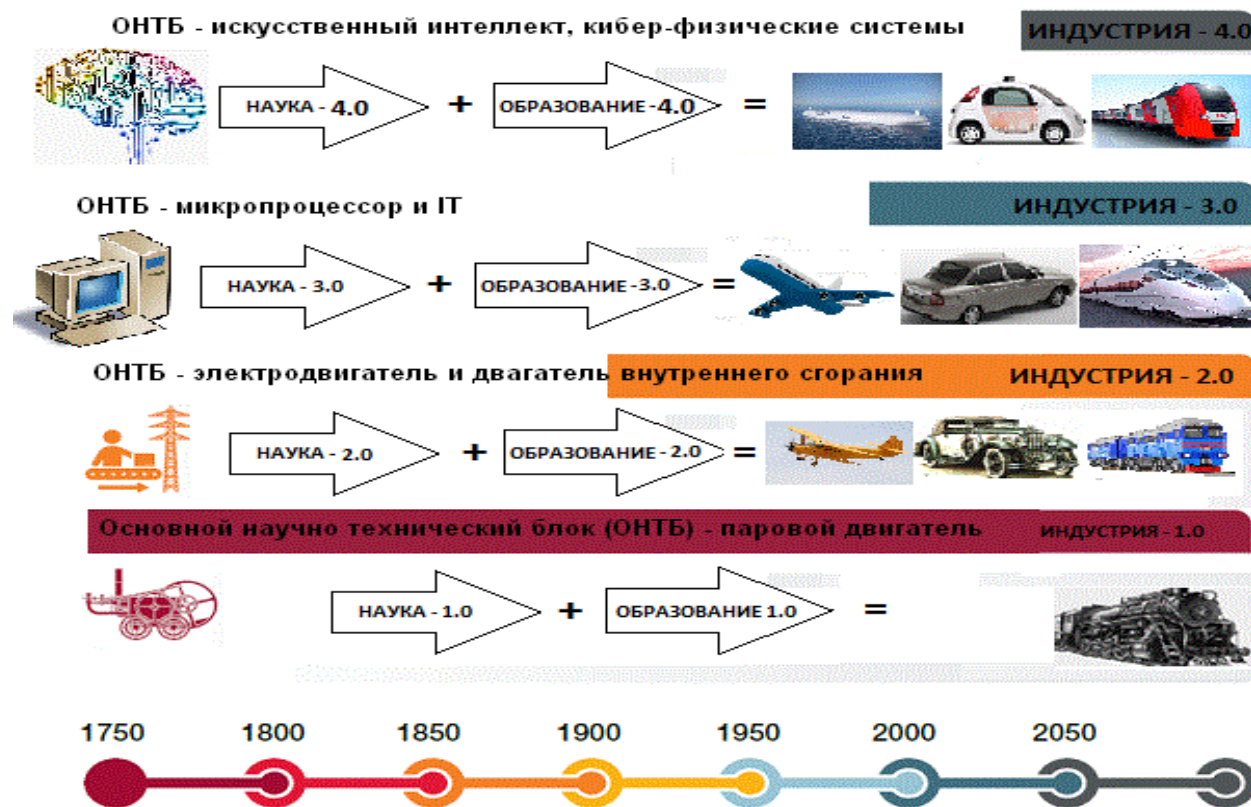


Рисунок 1 – Основные технологические блоки индустриальных революций

Таблица 2 – Основные отличительные особенности промышленных революций

Индустриальные эпохи	Основные характеристики	Основные научно-технологические блоки (ОНТБ) и технические особенности
Индустрия 1.0	С 1760-х годов до середины девятнадцатого века происходит механизация промышленности на основе водяных и паровых машинах получившая название первой промышленной революции (Industry 1.0). Основной характеристикой этой промышленной революции было то, что ручное производство было заменено на машинное. Гужевой и парусный транспорт пополнился пароходами, паровозами и железной дорогой. Произошла трансформация социального развития от модели, основанной на сельском хозяйстве и ремесленничестве, к модели, основанной на промышленном машинном производстве, обеспечивающем ускоренное экономическое развитие.	ОНТБ – паровая машина.  Технические особенности – машинное производство, паровой транспорт, железные дороги, аналоговая электросвязь.
Индустрия 2.0	Вторая промышленная революция (Industry 2.0) началась с середины девятнадцатого века и продолжалась до начала двадцатого столетия. В этот период происходит электрификация промышленного производства, начинается выпуск новых электрифицированных промышленных изделий, происходит формирование конвейерного производства и глубокое разделение труда, появляются общедоступные и качественные системы аналоговой телефонной и радиосвязи, формируется новая модель массового производства товаров и массовых услуг.	ОНТБ – цифровая электросвязь, электрические двигатели, двигатели внутреннего сгорания.  Технические особенности – автомобильный и авиационный транспорт модернизация водного и железнодорожного транспорта.
Индустрия 3.0	Вторая промышленная революция (Industry 2.0) началась с 1970-х годов и продолжается по настоящее время, в ходе ее осуществляется автоматизация производственных процессов и промышленной продукции на основе применения цифровых и информационных технологий. Формируется обширный парк производственных машин, постепенно заменяющий людей, и при этом машины берут на себя не только значительную долю физического, но также и часть умственного труда.	ОНТБ – цифровые интегральные микросхемы, микропроцессоры, компьютеры, информационно-телекоммуникационные системы и сети.  Технические особенности – конвергенция индустриальных инфраструктур и вычислительной техники, автоматизация производства и промышленных изделий.
Индустрия 4.0	Четвертая индустриальная революция (Industry 4.0), начавшаяся с 2010 года, основывается на интеллектуализации индустриальных систем и промышленной продукции на основе широкого применения технологий искусственного интеллекта. Особенностью 4-й индустриальной революции является конвергенция технических систем, информационных систем и систем искусственного интеллекта, процессе которой предусматривается комплексное взаимодействие и автономную мобильность интеллектуальных технических устройств и людей. 4-я индустриальная революция приведет к существенным улучшениям свойств товаров, услуг, денежно-кредитной, экономической и политической систем	ОНТБ – искусственный интеллект, аналитика больших данных, интернет.  Технические особенности – конвергенция индустриальных инфраструктур, вычислительной техники и индустриального искусственного интеллекта, интеллектуализация производства и промышленных изделий.

В период первой индустриальной революции [1,2], основанной на широком применении паровых двигателей, появлении паровозов, железных дорог и пароходов, доминировавшая в этом Британия на протяжении восемнадцатого – девятнадцатого веков, а за ней и США и Франция провели колониальные войны, приведшие к формированию мировой колониальной системы и колониального капитализма. В результате была создана мировая (глобальная) капиталистическая система которую можно назвать «Глобализацией 1.0» и отличительной особенностью которой явилась британская модель военной колонизации.

В это же время западные страны, возглавляемые Соединенными Штатами Америки, погрузились в процесс создания новой автоматизированной (на основе широкого использования новых IT технологий) индустрии, что способствовало появлению третичного направления глобализации посредством формирования глобальных экономических, торговых организаций финансового сотрудничества. В этот же период происходит появление и развитие основных международных экономических организаций, а именно МВФ, МБРР, ВТО, ЮНКТАД (Конференция ООН по торговле и развитию), которые обеспечивают дальнейшее развитие экономической глобализации, которую называют американской моделью (моделью США). Важно еще раз отметить, что скрепляющими субстанциями, обеспечивающими «Глобализацию 3.0», являются новые технологии построения высокоскоростных и широко разветвленных транспортных систем и глобальные широкополосные сети связи (волоконно-оптические и беспроводные).

Особенностью 4-й индустриальной революции [3-7] является конвергенция транспортных технологий, новых IT технологий (сбора и аналитики больших данных) и технологий искусственного интеллекта. Технологическими основами новой глобализации (Глобализации 4.0) становятся новые (автономные автомобильные, железнодорожные, авиационные, водные и подводные) транспортные средства, интеллектуальные транспортные инфраструктуры (Интеллектуальные мультимодальные транспортные системы – ИМТС), новые логистические прикладные процессы (Е-логистика, умные транспортные контракты, интеллектуальные системы транспортной безопасности, интеллектуальные системы транспортной экологии и т.д.) и новая глобальная мобильная цифровая экономика.

Еще одной важной особенностью индустриальных революций является ускорение их распространения, например, если интервал времени от начала 1-й и 2-й индустриальной революции занял период около 250 лет, то между 3-й и 4-й этот интервал составил всего 50 лет (рис. 2). Другими словами, можно ждать, что 4-я индустриальная революция и, связанная с ней Глобализация 4.0, будет проходить еще быстрее. В этом процессе важно не опоздать.

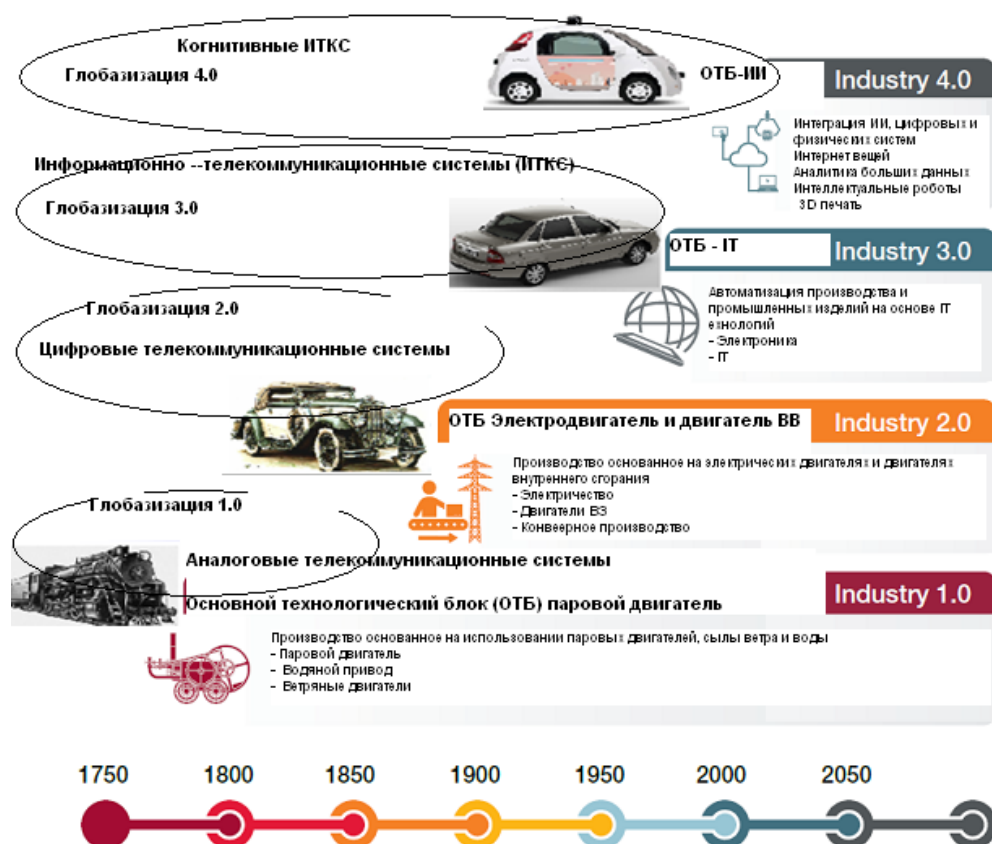


Рисунок 2 – Основные технологические движущие силы глобализации



## Основные проблемы Индустрии 4.0 и Глобализации 4.0.

Реализации концепции «Транспорта 4.0» включают проблемы построения разноmodalных автономных транспортных средств (автомобильных, железнодорожных, авиационных и водных), проблемы модернизации транспортных инфраструктур (магистралей, вокзалов и систем управления) построения интеллектуальных мультимодальных транспортных систем на которые возлагаются следующие функции:

1. Обеспечения автономного функционирования транспортных средств (различной модальности) на основе применения технологий M2M, M2I и ToI.

2. Формирование единого транспортного пространства обеспечивающего контроль и управление транспортными системами и инфраструктурами (различной модальности) и межмодальными транспортными шлюзами - как единой системой.

3. Обеспечение реализации мультимодальной электронной логистики (Е-логистики), поддержку реализации транспортных смарт-контрактов, интеллектуальных систем транспортной безопасности, интеллектуальных системы транспортной экологии, мобильной цифровой экономики и других прикладных процессов.

Важность успешной реализации концепции «Транспорта 4.0» состоит еще и в том, что ее реализация естественным образом ведет к модернизации сельского хозяйства (Аграрная отрасль 4.0), легкой промышленности, здравоохранения, других отраслей хозяйства и страны в целом (Россия 4.0).

Отчетливо представить основные особенности четвертой индустриальной революции и «Глобализации 4.0» в настоящее время достаточно сложно, они только начинают проявляться, анализ характера протекания первых трех индустриальных революций и трех этапов глобализации открывает более широкие возможности для детального понимания следующего этапа развития.

Три первых волны индустриализации и глобализации существенно отличаются друг от друга.

Основные отличия [8] неравенство в статусе, в темпах развития, в выгоды и в последствиях (табл. 3).

*Таблица 3 – Проблемы неравенства предшествующих этапов индустриализации*

Неравенство в статусе	Неравенство в статусе, означает неравенство стран во влиянии на формирование условий и правил функционирования глобальной экономической и торговой деятельности и участия в управлении.
Неравенство в развитии	Неравенство в развитии, отражает отставание в развитии глобализации в большинстве развивающихся стран, которые вызваны принятыми правилами управления, разработанными западными развитыми странами, что серьезно ограничивает возможности и темпы их развития.
Неравенство в выгоды	Неравенство в выгоды показывает, что в условиях развития процессов глобализации экономической деятельности, выгоды, получаемые от этого процесса участниками, значительно различаются.
Неравенство в последствиях	Неравенство в последствиях заключается в том, что процессы глобализации привели изменениям экономического и социального состояния всех странах и не зависимо от их желания, но последствия этого были разными. Например, Англия, воспользовавшись плодами 1-й индустриальной революции и Глобализации - 1.0, превратилась из небольшого островного государства в крупнейшую колониальную империю и получила максимальные выгоды от этого, в то время как колонизированные ею страны терпели социальные потрясения и убытки.

Другими примерами, относящимся к 3-й индустриальной революции и Глобализации 3.0, являются страны с плановой, централизованной экономикой СССР и КНР. В первом случае (в СССР) политические лидеры не осознали вызовов, диктуемых третьей индустриальной революцией и «Глобализацией 3.0» и подменили индустриальные реформы политическими. В результате страна распалась и понесла колоссальный экономический и политический урон. В это же время лидеры Китая осознали и успешно провели третью индустриальную революцию и Глобализацию 3.0, преобразовав первоначально экономически отсталый Китай в крупнейшую мировую экономику.

Есть две модели развития [9-11] Индустрии 4.0 и Глобализации 4.0 восточная и западная (табл. 4).

Таблица 4 – Модели развития Индустрии 4.0 и Глобализации 4.0

Модели развития		
	Западная	Восточная
Индустрия 4.0	Управляется на основе использования традиционных рыночных механизмов и рассматривает первостепенную интеллектуализацию ИТ технологий, пользующихся массовым спросом, с последующим переносом их в индустриальную сферу	Применяются новые, гибридные планово-рыночные механизмы управления, предусматривается комплексная гармонизированная интеллектуализация индустрии и ИТ технологий массового спроса
Глобализация 4.0	Осуществление финансово-экономической колонизации мира на основе усиления доминирующего научно-технического, технологического, экономического и финансового положения	Осуществление международного плана формирования международной экономики нового типа, основанной на взаимовыгодном сотрудничестве, равенстве и справедливости

В традиционной западной модели, проявившейся в период второй индустриальной эпохи (и Глобализации 2.0), с плана Маршала, сделавшего доллары США, основной валютой в мире, обеспечившего для Соединенных Штатов возможность мощного контроля мировой экономики и самое выгодное положение в мировой торговле. Доминирующее положение не только позволяет США получить максимальные преимущества от глобализации, но также инфицировать мир экономическими кризисами, возникающими в экономике США. Лидерство США в формировании стандартов цифровой финансовой сферы в период 3-й индустриальной революции (и Глобализации 3.0) стало, как известно, причиной последних мировых финансовых кризисов и новым инструментом подчинения других стран своей воле через механизмы санкций. В западных моделях Индустрии 4.0 и Глобализации 4.0 предусматривается усиление доминирующего научно-технического, технологического, экономического и финансового положения Запада и осуществление новой финансово-экономической колонизации остального мира.

Все это приводит большинство стран мира к мысли о необходимости перестроения мировой системы экономики на принципах равноуправляемости, равноправия и равнопольности для всех стран.

Таким требованиям отвечает новая восточная модель Индустрии 4.0 и Глобализации 4.0 инициированная Китаем, эффективность которой и целесообразность использования подтверждается ее экономическими успехами.

В модели предложенной Китаем обе составляющие (Индустрии 4.0 и Глобализации 4.0) не противоречивы и взаимно развивают друг друга,

Во-первых, в стратегии Индустрии 4.0 доминирующей сферой является транспорт и транспортная инфраструктура (автономные транспортные средства, Е-логистика, умные транспортные контракты, интеллектуальные системы транспортной безопасности, интеллектуальные системы транспортной экологии и др.). Сила этого выбора заключается в том, что процесс решения наиболее сложной проблемы «Транспорт 4.0» инициирует такие направления «Наука 4.0» и «Образование 4.0» и параллельно обеспечивает успешное решение других хозяйственных задач («Село 4.0» «Легкая промышленность 4.0» и др.).

Во-вторых, на пути к формированию Глобализации 4.0, Китай, в противовес старому плану Маршала, инициирует международный план формирования международной экономики нового типа основанной на взаимовыгодном сотрудничестве, равенстве и справедливости. В настоящее время существует три глобальных экономических организаций в мире, МВФ, ВТО и Всемирный банк. Они появились в основном по инициативе группы развитых западных стран, и они являются основным методом контроля других стран. Модель управления этими организациями не согласована с большинством других стран, а также не согласуется с глобальным направлением будущего развития. В противовес этому создание Азиатского инвестиционного банка и банка БРИКС с демократической международной системой управле-

ния является образцом для будущей международной экономики. Эти новые организации ведут работу по созданию рабочих правил, основанных на равноправной, свободной и жизнеспособной экономике на пути к Глобализации 4.0.

Предложенная Китаем [12-14] стратегия «Один пояс, один путь», является отправной точкой для создания нового глобального международного транспортного пространства и строительства новых международных отношений, основанных на взаимовыгодном сотрудничестве, равенстве и равноправном ускоренном развитии.

#### Выводы

Процессы глобализации мировой экономики закономерны и неизбежны. Они ускоряются и принимают всеобщий характер.

В данное время имеет место коэволюция (взаимозависимое развитие) индустриальных технологий и процессов глобализации экономики.

Индустриальные революции являются материальными проявлениями развития науки и образования.

Основными катализаторами Глобализации является развитие транспортных технологий и информационных технологий (технологий сбора, хранения, обработки и применения информации).

#### *Список литературы*

1. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Асаул А.Н. Четвертая индустриальная революция (industrie 4.0) в транспортной и сопутствующих отраслях // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2016. № 2 (38). С. 70-78.

2. Малыгин И.Г., Комашинский В.И. Информационные технологии и искусственный интеллект – основные двигатели четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Теоретический и прикладной научно-технический журнал «Информационные технологии». 2016. Том 22. № 12. С. 899-904.

3. Малыгин И.Г., Комашинский В.И. Основные черты четвертой индустриальной революции в автотранспортной промышленности // Сборник трудов X Всероссийских научных чтений «Научно-технические проблемы в промышленности: будущее сильной России – в высоких технологиях». Санкт-Петербург, 6-8 апреля 2016 г. СПб: Изд-во «Скифия». 2016. С. 63-75.

4. Комашинский В.И. Образование и наука в период четвертой индустриальной революции // Сборник трудов X Санкт-Петербургского конгресса «Профессиональное образование, наука и инновации в XXI веке», 25 ноября 2016 г. Санкт Петербург. 2016.

5. Комашинский В.И., Комашинский Д.В. Когнитивная метафора в развитии телекоммуникационных и индустриальных сетевых инфраструктур, или первые шаги к постинформационной эпохе // Журнал «Технологии и средства связи». 2015. № 1. С. 62-67.

6. Шаталова Н.В. Пространственное развитие России. транспортный аспект // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. 2016. С. 354-359.

7. Шаталова Н.В. Развитие транспортной отрасли как основополагающей при решении проблем стратегического и экономического характера // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2017. Т. 1. С. 230-233.

8. CHENG, Enfu, and XIA, Hui (2007), «Meiyuan baquan: Meiguo lüeduo taguo caifu de zhongyao shouduan» [US Dollar Hegemony: An important means for the US to plunder other countries' wealth], Makesizhuyi Yanjiu [Marxism Studies], 2007, Issue No. 12, pp. 28-34 [in Chinese].

9. DING, Chun, and LI, Junyang (2014), «Deguo 'gongye 4.0': neirong, dongyin yu qianjing jiqi qishi» [Germany's «Industry 4.0»: The content, motives, prospects and its inspiration], Deguo Yanjiu [German Studies], 2014, Issue No. 4, pp. 49-66 [in Chinese].

10. JIN, Ling (2015), «Yidai yilu': Zhongguo de Maxie'er jihua?» [«One Belt, One Road»: China's Marshall Plan?], Guoji Wenti Yanjiu [International Studies], 2015, Issue No.1, pp. 88-99 [in Chinese].

11. SHENG, Yi, YU, Haiyan, and YUE, Chaomin (2015), «Guanyu 'yidai yilu' zhanlüe neihan, texing ji zhanlüe zhongdian zongshu» [A Summary of the «One Belt, One Road» Strategy's

Intent, Characteristic Features and Key Points], Jingji Tizhi Gaige [Economic System Reform], 2015, Issue No. 1, pp. 24-29 [in Chinese].

12. ZHANG, Keyun (2013), «The Ecological Civilization Regional Economic Coordinated Development Strategy: The background, content and policy direction thereof», ERINA Report, No. 109, January 2013, pp. 5–14 [in Japanese; Summary in English].

13. ZHANG, Keyun et al (2014), Shengtai wenming de quyu jingji xietiao fazhan zhanlue yanjiu [A Study on the Ecological Civilization Regional Economic Coordinated Development Strategy], Peking University Press, 2014 [in Chinese].

14. ZHANG, Xiaohui (2015), «Jiedu ‘yidai yilu’ xin xingshi xia jingwai touzi de falü fengxian guanli» [Deciphering the Legal Management of the Risks for Foreign Investment in the New «One Belt, One Road» Situation], Guoji Gongcheng yu Laowu [International Engineering and Services], 2015, Issue No. 11, pp. 35-36 [in Chinese].

УДК 327.7

## СЕВЕРНЫЙ МОРСКОЙ ПУТЬ: РИСКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ВОЕННАЯ ЗАЩИТА

*Артамонов Владимир Сергеевич – доктор технических наук, доктор военных наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации*

*Лукин Владимир Николаевич – доктор политических наук, кандидат исторических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности Центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности, профессор кафедры философии и социальных наук*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, lvn55555@mail.ru*

*Муслиенко Тамара Викторовна – доктор политических наук, кандидат исторических наук, доцент, заместитель начальника по научной работе, профессор кафедры философии и социальных наук*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, tvn77777@mail.ru*

*Аннотация. Обозначены риски транспортной безопасности в Арктическом регионе, обоснована необходимость вооруженной защиты Северного морского пути и роль Министерства обороны России по обеспечению безопасности судоходства: контроль северных и восточных границ государства, гидрографические исследования акваторий морей Северного Ледовитого океана, совершенствование боевой техники и подготовка подразделений и частей Северного флота.*

*Ключевые слова: северный морской путь, транспортная безопасность, риски безопасности, Арктика, Северный флот, учения.*

## NORTH SEAWAY: SECURITY RISKS AND MILITARY PROTECTION

*Artamonov Vladimir Sergeevich – Doctor of Technical Sciences, Doctor of Military Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation*

*Lukin Vladimir Nikolaevich – Doctor of Political Science, Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Population Information Support and Information Support Techniques for the Emergency Services and Fire Safety Center for Organization of Research and Editorial Activity, Professor of the Philosophy and Social Sciences Department St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, lvn55555@mail.ru*

*Musienko Tamara Viktorovna – Doctor of Political Sciences, Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, Deputy Chief for Research, Professor of the Philosophy and Social Sciences Department St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia, Moskovskiy prospekt, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, tvn77777@mail.ru*

***Abstract.** The article identifies the risks of transport safety in the Arctic region, substantiates the need for military protection of the Northern Sea Route and the role of the Ministry of Defense of Russia to ensure the safety of navigation: control of the northern and eastern borders of the state, hydrographic studies of the seas of the Arctic Ocean, upgrading of military equipment and training units and units Northern Fleet.*

***Keywords:** northern Sea Route, transport security, security risks, Arctic, Northern Fleet, exercises.*

Геополитическое и геоэкономическое противоборство глобальных акторов все больше обостряется. Центральное место в этом противостоянии занимает борьба за коммуникации, включая транспортные. Транспортные риски возрастают и уже требуют вооруженной защиты. Это относится и к главной судоходной коммуникации Российской Федерации в Арктическом регионе – Северному морскому пути (СМП). Риски безопасности в Арктике и стратегии противодействия им исследуются авторами в рамках проекта «Российская Арктика» [1]. В статье к рискам отнесены протяженность СМП, активизация разведывательной деятельности иностранных государств на границах, малоизученность значительной части Арктического региона, суровый климат и таяние льдов.

Северный морской путь соединяет в единую транспортную систему европейские и дальневосточные морские порты, речные порты в нижнем течении сибирских рек. СМП протяженностью в 14280 километров проходит по морям Северного Ледовитого океана: Баренцево, Белое, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское и по Берингову морю Тихого океана. Наиболее сложный по ледовым условиям участок трассы от пролива Карские Ворота до порта Провидения составляет 5600 километров. Основными звеньями транспортной инфраструктуры СМП являются Мурманск, Архангельск, Диксон, Дудинка, Игарка, Хатанга, Тикси, Зелёный Мыс, Певек, Провидения.

СМП имеет важное хозяйственное значение для Арктической зоны Российской Федерации, а также важное военное значение для страны, так как обеспечивает возможность манёвра силами Министерства обороны между Атлантическим и Тихим океанами [2]. Безопасность Северного морского пути призваны обеспечивать силы и средства трех военных округов: Северного флота, Центрального и Восточного.

Российская Федерация вынуждена умножать усилия по контролю за своими границами, включая Арктическое направление. Только за две недели октября 2017 года самолеты дежурных сил ПВО России двенадцать раз вылетали на перехват иностранных летательных аппаратов, ведущих разведку границ нашего государства. Двадцать летательных аппаратов вели разведку на Западном стратегическом направлении, по шесть – на Арктическом и Юго-Западном и два – на Восточном направлениях, а пять кораблей вели разведку вдоль морских границ страны [3].

Министерство обороны России принимает меры по адаптации эффективных средств защиты к арктическим условиям, включая зенитно-ракетную систему С–400 «Триумф». По оценке западных аналитиков С–400 может отслеживать параллельно до 36 целей на дальности до 400 километров и на высотах до 27 километров [4]. Комплекс может запускать ракеты-перехватчики разных типов: 40Н6Е с дальностью до 400 километров, 48Н6 – 250 километров, 9М96Е2 – 120 километров, 9М96Е – 40 километров. Для сравнения, американские системы «Пэтриот», могут запускать только одну зенитную ракету на расстояние 96 километров [5]. С–400 в состоянии надежно прикрыть арктическое воздушное пространство над СМП.

По утверждению североморского военного командования «Северный флот уже стал полноправным хозяином в Арктике». Доказательством тому служат арктические походы Се-

верного флота. Главные задачи походов: подготовка к обеспечению безопасности Северного морского пути, демонстрация военно-морского присутствия в Арктике, изучение новых районов плавания в высоких широтах, то есть формирование возможностей в нужный момент оказаться в том месте Арктического региона, где российское присутствие станет необходимым.

В августе-октябре 2017 года состоялся шестой арктический поход надводных сил Северного флота. В составе отряда действовали большой противолодочный корабль «Североморск», большие десантные корабли, гидрографическое судно «Сенеж», а также суда обеспечения: танкер, спасательный буксир, килекторное судно КИЛ-164. На кораблях находились подразделения арктической мотострелковой бригады, морской пехоты, авиагруппа армии военно-воздушных сил и ПВО Северного флота, парашютно-десантная рота и группа спецназа воздушно-десантных войск. Проводку выполняли два ледокола: «Вайгач» и «Ямал». В плановых мероприятиях боевой подготовки Северного флота было задействовано около 50 кораблей и судов обеспечения, более тридцати летательных аппаратов пяти типов, атомные и дизельные подводные лодки. Было произведено тринадцать пусков крылатых ракет морского и наземного базирования, включая и из-под воды с двух атомных подводных лодок. Впервые в истории большой противолодочный корабль «Североморск» – корабль океанской зоны – поднялся по Енисею, широкой, но мелководной реке, и ошвартовался в Дудинке; впервые большой десантный корабль подошёл к необорудованному побережью и высадил десант на мысе Челюскин, морские десантные операции были проведены на островах Котельный и Голомянный [6].

В Арктике значительная часть районов малоизучена, кроме того, тают или отходят ледники, открываются новые очертания берегов, не все глубины уточнены, поэтому не совпадают с информацией на картах. Так, в районе ледника Чаева на западном побережье Новой Земли был обнаружен ранее неизвестный остров и два новых мыса, которые образовались после разрушения ледников.

Экипаж «Сенеж» выполнил почти десять тысяч километров маршрутного промера, две тысячи километров подробной съёмки рельефа дна в районах «белых пятен» Карского моря, около одной тысячи километров детальной съёмки рельефа дна и гидролокационного обследования важных в навигационном отношении акваторий, а также более двадцати разовых дрейфовых океанографических станций на акваториях Баренцева, Карского морей, в море Лаптевых, в Енисейском заливе [7]. Это позволит уточнить и переиздать навигационные морские карты, руководства, пособия для экипажей северных торгового и военного флотов, что будет способствовать укреплению безопасности на СМП.

Для борьбы с подводными диверсионными силами и средствами противника в составе Кольской флотилии разнородных сил Северного флота сформирован отряд специального назначения. Отряд состоит из боевых водолазов и имеет современное оборудование и вооружение [8].

За последние семь лет было разработано и произведено более тысячи буйковых гидрометеорологических комплексов нового поколения различного назначения: контроль движения ледового поля, отдельных льдин и айсбергов, подледные термические наблюдения, контроль профиля солёности, плотности воды и скорости звука [9].

Московским физико-техническим институтом разработаны проекты полупогруженного атомного ракетносца ледового класса, ракетно-ледокольного крейсера, десантного корабля, ледокольного танкера и ледокольного судна нового поколения, способного образовывать проходы во льдах шириной более 120 метров. Корпуса этих кораблей и судов, оснащены балластными цистернами, в движении находятся под водой, над которой возвышается только находящаяся в корме надстройка, выполненная по технологии «стелс». Технические инновации позволяют в шесть-семь раз снизить усилия, необходимые для разрушения льда по сравнению с классической ледокольной схемой [10].

*Список литературы*

1. Геополитика Арктики: стратегии управления рисками безопасности. Моногр. / Под ред. В.С. Артамонова. (Серия: Российская Арктика. Вып. 3). (Монография). СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. 2017. 308 с.

2. Северный морской путь // [Сайт Министерства обороны России] – URL: <http://encyclopedia.mil.ru/encyclopedia/dictionary/details.htm?id=9780@morfDictionary> (дата обращения 02.10.2017).

3. Воздушную разведку вдоль границ России на неделе вели 18 летательных аппаратов // [Сайт РИА НОВОСТИ] – URL: [https://ria.ru/defense\\_safety/20171027/1507646063.html](https://ria.ru/defense_safety/20171027/1507646063.html) (дата обращения 02.10.2017); Самолеты ПВО четыре раза вылетали на перехват иностранных разведчиков // [Сайт РИА.ру] – URL: [https://ria.ru/defense\\_safety/20171020/1507210928.html?inj=1](https://ria.ru/defense_safety/20171020/1507210928.html?inj=1) (дата обращения 02.10.2017).

4. Nienhuysen F. Begehrte Ware aus Russland. Das Flugabwehrsystem «S-400» wird weltweit geordert - auch von Nato-Ländern. Moskau jedenfalls freut sich über das Geschäft // Süddeutsche Zeitung, 11.10.2017.

5. Bryen S. Russia's S-400 Is a Game Changer in the Middle East (and America Should Worry) // The National Interest, October 17. 2017.

6. Северный флот завершил ряд плановых учений в Арктике // [Сайт Министерства обороны России] – URL: <http://structure.mil.ru/structure/okruga/north/news/more.htm?id=12143219@egNews> (дата обращения 22.09.2017).

7. Командующий Северным флотом поздравил гидрографов с профессиональным праздником // [Сайт Министерства обороны России] – URL: <http://structure.mil.ru/structure/okruga/north/news/more.htm?id=12146097@egNews> (дата обращения 13.10.2017).

8. На Северном флоте прошло учение с отрядом по борьбе с подводными диверсионными силами и средствами // [Сайт Министерства обороны России] – URL: <http://structure.mil.ru/structure/okruga/north/news/more.htm?id=12148127@egNews> (дата обращения 24.10.2017).

9. Для Минобороны разрабатывают буйковые комплексы для использования в Арктике // [Сайт РИА.ру] – URL: [https://ria.ru/defense\\_safety/20160909/1476559325.html](https://ria.ru/defense_safety/20160909/1476559325.html) (дата обращения 02.10.2017).

10. Полупогружные ледоколы-ракетоносцы могут обеспечить навигацию по СМП // [Сайт РИА.ру] – URL: [https://ria.ru/defense\\_safety/20160911/1476633672.html](https://ria.ru/defense_safety/20160911/1476633672.html) (дата обращения 03.10.2017).

УДК 656.621/.626

## **ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ НЕОБХОДИМОГО ЧИСЛА ДИСПЕТЧЕРОВ В ПУНКТЕ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ РЕЧНЫМИ СУДАМИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

*Бахмутская Александра Викторовна – кандидат экономических наук, директор СГКУ «Агентство внешнего транспорта» Комитета по транспорту Санкт-Петербурга*

*191014, Россия, Санкт-Петербург, ул. Белинского, д. 13а, bahmutskaya@avt.spb.ru*

*Васьков Виктор Тихонович – кандидат технических наук, начальник отдела дежурной службы*

*Аппарат Губернатора Санкт-Петербурга*

*191060, Россия, Санкт-Петербург, Смольный, uprds@gov.spb.ru*

*Аннотация. Рассмотрены вопросы обоснования числа диспетчеров пункта управления и мониторинга причаливания-отчаливания маломерных судов на пристанях Санкт-Петербурга. С использованием теории массового обслуживания построена соответствующая*

щая номограмма и с ее помощью показана возможность обоснования необходимого числа диспетчеров в часы наибольшей нагрузки.

Ключевые слова: пункт управления и мониторинга, пристани, суда, диспетчеры, теория массового обслуживания.

## ON DETERMINATION OF THE NECESSARY NUMBER OF CONTROLLERS IN THE POINT OF MONITORING AND MANAGEMENT OF RIVER VESSELS IN SAINT-PETERSBURG

*Bakhmutskaya Alexandra V. – Ph. D., Director of SGCO «External transport Agency»,  
transport Committee of Saint-Petersburg*

*Belinskogo str., 13a, St.Petersburg, 191014, Russian Federation, bahmutskaya@avt.spb.ru*

*Vas'kov Viktor T. – Ph. D., Head of the duty service of the office of the Governor of St. Petersburg*

*Smolny, St.Petersburg, 191060, Russian Federation, uprds@gov.spb.ru*

Abstract. *The questions of justification of the number of controllers to control and monitor the berthing and departure of small vessels at the wharves of St. Petersburg. Using the theory of mass service built appropriate nomogram and with it the possibility of justification of the required number of dispatchers during peak hours.*

Keywords: *control and monitoring, quay, ships, controllers, queueing theory.*

Транспортное сообщение по рекам на территории многих городов РФ и др. стран играет важную роль в их жизнедеятельности. В частности, в Санкт-Петербурге по р.Неве и её притокам в период летней навигации курсирует большое число маломерных судов, перевозя пассажиров, осуществляя экскурсионную деятельность, транспортируя грузы и т.п. Функционирование большого числа маломерных судов предполагает наличие пристаней и мониторинг их работы.

В этих целях в Санкт-Петербурге создан специальный пункт управления и мониторинга, осуществляющий круглосуточное наблюдение за 16 пристанями (по данным на 2017 г., в 2015 г. мониторились 8 пристаней, в 2016 г. 15 пристаней) и документирование событий по причаливанию и отчаливанию судов.

В табл. 1-3 приведены данные о числе событий по пристаням с 2015 г. по август 2017 г., в табл. 4 – характерные данные о событиях по месяцам и времени суток.

Диспетчеры пункта несут службу в круглосуточном режиме со сменностью работы «сутки-трое». На выполнение операции по обработке информации о событии (мониторинг причаливания-отчаливания и документирование) на каждой пристани тратится некоторое время  $t_{об}$ , которое фактически является случайным – от относительно небольшого на фиксацию события до значительного при оформлении документов в случае, если владелец судна просрочил оплату за использование пристани.

Таблица 1 – Данные о событиях на причалах по месяцам за 2015 г.

Пристани		V	VI	VII	VIII	IX.	X.	XI	$\Sigma$
1.	Адмиралтейская наб	56	116	96	104	3	29	14	<b>418</b>
2.	Английская наб	50	656	915	983	434	9	0	<b>3047</b>
3.	Арсенальная наб	24	40	27	34	5	1	0	<b>131</b>
4.	Дворцовая наб	16	243	271	292	256	4	0	<b>1082</b>
5.	Мытнинская наб	16	205	252	244	253	42	20	<b>1032</b>
6.	Петровская наб	4	4	2	4	7	4	0	<b>25</b>
7.	Университетская наб	0	6	9	17	8	1	0	<b>41</b>
8.	Приморский пр	3	2	18	9	5	0	0	<b>37</b>
Итого:		<b>169</b>	<b>1272</b>	<b>1590</b>	<b>1687</b>	<b>971</b>	<b>90</b>	<b>34</b>	<b>5813</b>



Таблица 2 – Данные о событиях на причалах по месяцам за 2016 г.

Пристани		V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	$\Sigma$
1.	Адмиралтейская наб.	622	1086	1283	1231	780	330	46	<b>5378</b>
2.	Английская наб.	1278	1638	1141	1010	524	348	61	<b>6000</b>
3.	Арсенальная наб.	24	135	29	38	28	5	0	<b>259</b>
4.	Дворцовая наб.	131	491	364	359	129	20	0	<b>1494</b>
5.	Макарова наб.	0	28	0	1	1	1	0	<b>31</b>
6.	Мартынова наб.	8	27	28	101	125	14	0	<b>303</b>
7.	Мытнинская наб.	83	307	68	261	20	3	0	<b>742</b>
8.	Петровская наб.	3	25	35	130	51	12	0	<b>256</b>
9.	Приморский пр.	5	9	8	14	5	0	0	<b>41</b>
10.	реки Мойки наб.	18	21	20	9	8	2	0	<b>78</b>
11.	Свердловская наб.	9	51	7	21	10	0	0	<b>98</b>
12.	Синопская наб.	1	5	8	10	5	1	0	<b>30</b>
13.	Смольная наб.	11	87	10	19	17	9	0	<b>144</b>
14.	Университетск.наб.	14	43	42	92	16	0	0	<b>216</b>
15.	Южная дорога	-	2	1	13	0	0	0	<b>16</b>
Итого:		<b>2207</b>	<b>3955</b>	<b>3044</b>	<b>3309</b>	<b>1719</b>	<b>745</b>	<b>107</b>	<b>15086</b>

Таблица 3 – Данные о событиях на причалах с апреля по август 2017 г.

Пристани		IV	V	VI	VII	VIII	$\Sigma$
1	Адмиралтейская наб.	18	852	1279	1791	1556	<b>5496</b>
2	Английская наб.	45	650	1156	1154	969	<b>3974</b>
3	Арсенальная наб.	1	24	82	38	21	<b>166</b>
4	Дворцовая наб.		439	572	586	525	<b>2122</b>
5	Макарова наб.			3		11	<b>14</b>
6	Мартынова наб.		89	165	138	153	<b>545</b>
7	Мытнинская наб.		382	336	556	571	<b>1845</b>
8	Петровская наб.		357	493	735	691	<b>2276</b>
9	Петроградская наб.		3	14	4	8	<b>29</b>
10	Приморский пр.		3	22	25	9	<b>59</b>
11	реки Мойки наб.		23	19	24	11	<b>77</b>
12	Свердловская наб.	3	9	25	8	10	<b>55</b>
13	Синопская наб.		10	27	13	3	<b>53</b>
14	Смольная наб.		8	23	11	9	<b>51</b>
15	Университетская наб.		18	136	77	36	<b>267</b>
16	Южная дорога				2	4	<b>6</b>
Итого:		<b>67</b>	<b>2867</b>	<b>4352</b>	<b>5162</b>	<b>4587</b>	<b>18035</b>

В часы наибольшей нагрузки (ЧНН), как правило, с 12<sup>00</sup> до 16<sup>00</sup> периодичность событий на пристанях может достигать наибольших величин – более 7 в час, а среднее время  $t_{\text{п}}$  между событиями сокращаться до 8,3 мин. Это свидетельствует о большой нагрузке на диспетчера, что может привести к его переутомлению и отказе в немедленной обработке информации о событии (пока событие на одной пристани обрабатывается, на другую пристань может причалить судно и отчалить от неё), т.е. к крайне нежелательному случаю отказа - «утери события», а также к совершению ошибочных действий диспетчером ввиду спешки и переутомления. В этой связи в нормативной документации [1] установлена предельная вероятность отказа  $p_{\text{отк}} < 0,001 = 0,1\%$ .

Таблица 4 – Данные о событиях по месяцам и времени суток (за 2015 г.)

Время	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	$\Sigma$
00:00 - 04:00	4	38	17	11	8	1	0	79
04:00 - 08:00	0	4	0	0	0	0	0	4
08:00 - 09:00	1	1	1	0	0	0	0	3
09:00 - 10:00	3	28	10	2	0	1	0	44
10:00 - 11:00	7	5	6	1	2	0	0	21
11:00 - 12:00	18	61	105	97	71	6	4	362
12:00 - 13:00	14	147	168	168	108	10	4	619
13:00 - 14:00	20	139	202	221	120	13	4	719
14:00 - 15:00	22	124	143	164	103	12	4	572
15:00 - 16:00	14	141	198	<b>224</b>	122	11	4	714
16:00 - 17:00	18	156	181	204	117	12	7	695
17:00 - 18:00	17	120	174	209	113	14	6	653
18:00 - 19:00	14	142	167	168	116	4	0	611
19:00 - 20:00	6	71	107	108	56	4	0	352
20:00 - 21:00	6	30	38	42	16	1	1	134
21:00 - 22:00	1	27	43	41	12	0	0	124
22:00 - 23:00	3	11	12	13	3	0	0	42
23:00 - 24:00	1	27	18	14	4	1	0	65
Итого:	<b>169</b>	<b>1272</b>	<b>1590</b>	<b>1687</b>	<b>971</b>	<b>90</b>	<b>34</b>	<b>5813</b>

Функциональная схема данного пункта представлена на рисунке 1.

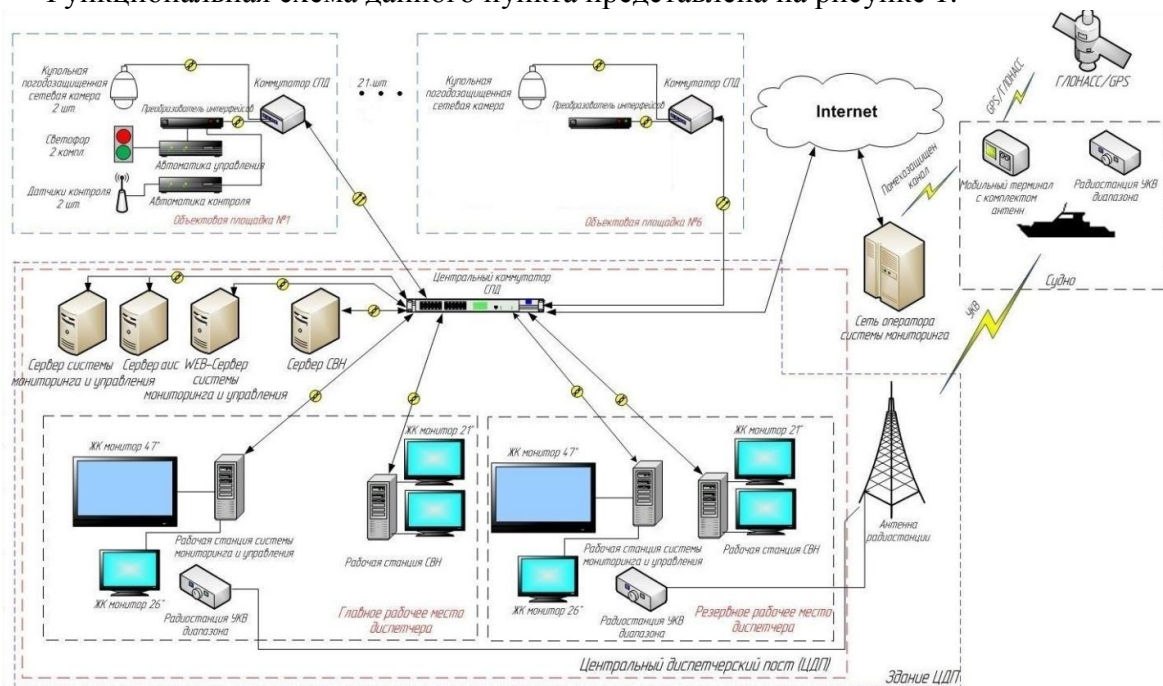


Рисунок 1 – Функциональная схема пункта управления и мониторинга причаливания маломерных судов в Санкт-Петербурге

Таким образом, проблема обоснования минимально необходимого числа диспетчеров на ЧНН в пункте мониторинга и управления речными судами в Санкт-Петербурге является актуальной. Для её решения может быть использован апробированный математический аппарат теории массового обслуживания [2,3], хорошо показавший себя применительно к проектированию экстренных служб [4,5].

Строго говоря, согласно [2], система «причалы-диспетчеры» является замкнутой системой массового обслуживания (СМО) с  $N$  (по числу причалов) источниками событий. Ввиду

достаточно большого числа  $N$  (16 причалов и ожидается рост их числа), ее можно представить в виде незамкнутой  $n$ -канальной (по числу диспетчеров) СМО [3], для которой вероятность  $p_{отк}$ , при стандартных допущениях [2-5], может быть определена из выражения:

$$p_{отк} = \frac{\alpha^n}{n!} \left( \sum_{i=0}^n \frac{\alpha^i}{i!} \right)^{-1}, \quad (1)$$

где  $\alpha = t_{об}/t_{п}$  – приведённая нагрузка.

Помимо вероятности  $p_{отк}$  для такой СМО важную роль играют и другие показатели – вероятность немедленного реагирования  $p_{н}$  (свободен хотя бы один диспетчер на момент причаливания нового судна) и нагрузка на диспетчера  $\rho$ , которые определяются из выражений [2-5]:

$$p_{н} = 1 - p_{отк}, \quad (2)$$

$$\rho = \alpha/n. \quad (3)$$

Применительно к вероятности  $p_{н}$  часто используют другой показатель

$$K_9 = -\lg p_{н} = -\lg(1 - p_{отк}), \quad (4)$$

тракуемый как «количество девяток после запятой» (например,  $K_9=3$  при  $p_{н}=0,999$  или  $p_{отк}=0,001$ ). Применительно к нагрузке на диспетчера, исходя из эргономических соображений, часто используется ограничение [6]  $\rho \leq 0,3$ .

По выражениям (1)-(5) для экспресс-определения числа диспетчеров  $n$  была построена номограмма (рис. 2), где в координатах ( $p_{отк}$ ,  $\alpha$ ) приведены изолинии  $n$  и  $\rho$ . Ее использование рассмотрим на примере.

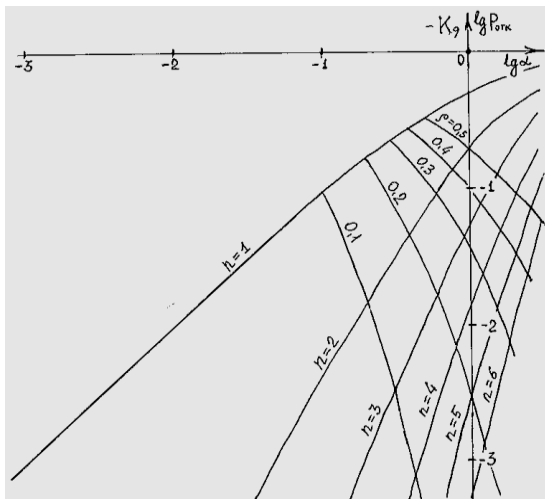


Рисунок 2 – Номограмма для нахождения числа диспетчеров, где в координатах «вероятность отказа – приведённая нагрузка» приведены изолинии числа диспетчеров  $n$  и нагрузки на диспетчера  $\rho$

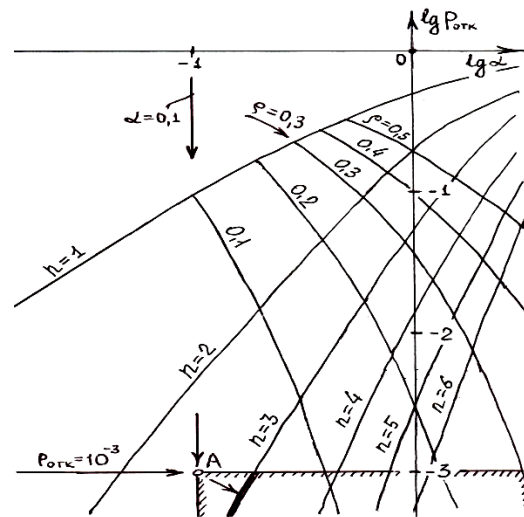


Рисунок 3 – Пример нахождения числа диспетчеров  $n=3$  при условии  $p_{отк} \leq 0,001$  ( $p_{н} > 0,999$ ),  $\alpha=0,1$ ,  $\rho \leq 0,3$

Пусть в ЧНН на пристанях Санкт-Петербурга, согласно данным табл.4, в августе (31 день) с 15<sup>00</sup> до 16<sup>00</sup> произошло 224 события причаливания-отчаливания маломерных судов. Это означает, что в эти часы события на пристанях происходили в среднем через каждые 8,3 мин, т.е.  $t_{п} \approx 8,3$  мин. Пусть в среднем на обработку информации о событии диспетчер тратит

50 с, т.е.  $t_{об} \approx 0,83$  мин. Тогда приведенная нагрузка  $\alpha = 0,83/8,3 = 0,1$ . Пусть, согласно [1] и [6], заданы ограничения  $p_{отк} < 0,001$  и  $\rho \leq 0,3$ . Тогда на номограмме строим рабочую область (выделена штриховкой) с левой верхней границей т.А – рисунок 3. В этой рабочей области минимально возможное число  $n=3$ . Таким образом, в ЧНН в пункте мониторинга и управления речными судами в Санкт-Петербурге должно быть не менее трёх диспетчеров. При этом они могут быть так закреплены за пристанями, чтобы нагрузка на них была относительно равномерной.

Например, учитывая данные таблицы 5, за 1-м диспетчером могут быть закреплены набережные – Адмиралтейская, Университетская, Арсенальная, Свердловская, Петроградская (6013 событий), за 2-м диспетчером – Дворцовая, Петровская, Мартынова, Синопская, Макарова (6010 событий), за 3-м диспетчером – Английская, Мытнинская, Приморская, Смольная, реки Мойки и Южная дорога (6012 событий).

В часы меньшей нагрузки число диспетчеров  $n$  может быть снижено до двух и даже до одного, что также может быть обосновано с использованием номограммы на рисунке 2. В частности, если  $\alpha < 0,001$ , то  $n=1$ ; если  $0,001 \leq \alpha < 0,0458$ , то  $n=2$ ; если  $0,0458 \leq \alpha < 0,1939$ , то  $n=3$ .

Например, при  $n=2$  за 1-м диспетчером пристани могут быть закреплены набережные Английская, Арсенальная, Макарова, Мытнинская, Петровская, Приморская, реки Мойки, Синопская, а за 2-м диспетчером – остальные. Нагрузка при этом будет относительно равномерной.

Таблица 5 – Данные о событиях по месяцам и времени суток за 2017 г.

Пристани	00:00-03:45	04:00-07:45	08:00-11:45	12:00-15:45	16:00-19:45	20:00-23:45	$\Sigma$
Адмиралтейская наб.	675	2	580	1786	<b>1929</b>	524	5496
Английская наб.	393	7	409	1153	1212	800	3974
Арсенальная наб.	21	3	8	18	45	71	166
Дворцовая наб.	13	0	210	832	799	268	2122
Макарова наб.	3	0	0	0	4	7	14
Мартынова наб.	11	1	2	201	231	99	545
Мытнинская наб.	31	0	179	728	721	186	1845
Петровская наб.	82	0	129	970	880	215	2276
Петроградская наб.	6	0	2	6	6	9	29
Приморский пр.	4	0	3	16	25	11	59
реки Мойки наб.	0	2	17	25	29	4	77
Свердловская наб.	13	1	1	12	16	12	55
Синопская наб.	8	3	10	6	14	12	53
Смольная наб.	5	5	5	5	16	15	51
Университетская наб.	30	0	51	36	71	79	267
Южная дорога	0	0	3	0	1	2	6
Итого:	<b>1295</b>	<b>24</b>	<b>1609</b>	<b>5794</b>	<b>5999</b>	<b>2314</b>	<b>18035</b>

#### Список литературы

1. РД 45.120-2000 (НТП 112-2000) Городские и сельские телефонные сети. Нормы технологического проектирования.
2. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Сов.радио. 1972. 552 с.
3. Таранцев А.А. Инженерные методы теории массового обслуживания / Монография, изд.2-е, перераб. и доп. СПб.: Наука. 2007. 175 с.
4. Малышев Д.А., Таранцев А.А. О возможности совершенствования ГОСТ Р 22.7.01–99 «Единая дежурно-диспетчерская служба» // Пожаровзрывобезопасность. 2015. № 11. С.77–81.
5. Таранцев А.А. Методика определения числа диспетчеров и линий связи дежурно-диспетчерских служб (проект Свода правил) // Пожаровзрывобезопасность. 2014. № 8. С. 69–85.
6. Шаровар Ф.И. АСУ и связь в пожарной охране / Учебное пособие. М.: ВИПТШ МВД СССР. 1986. 321 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СУДОХОДСТВОМ НА ВНУТРЕННЕМ ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Афанасьев Алексей Павлович – магистр технических наук, заведующий отделом исследований в области водного транспорта*

*Республиканское унитарное предприятие «Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника»*

*220005, Беларусь, Минск, ул. Платонова, д. 22, alexs.afanassiev@gmail.com*

*Сафонова Алина Павловна – магистр технических наук, инженер 2 категории отдела исследований в области водного транспорта*

*Республиканское унитарное предприятие «Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника»*

*220005, Беларусь, Минск, ул. Платонова, д. 22, alina.bovbel@gmail.com*

Аннотация. В настоящее время возрастает потребность в обмене информацией между сторонами, участвующими в транспортной деятельности, в том числе на внутреннем водном транспорте Республики Беларусь. Геоинформационные системы управления судоходством являются системами информационной поддержки на основе современных систем связи и IT-технологий, которые собирают, обрабатывают, оценивают и распространяют информацию о внутренних водных путях, дислокации судов, способствуют повышению уровня безопасности и эффективности перевозок, и наиболее полному использованию возможностей внутренних водных путей.

Ключевые слова: судоходство, внутренний водный транспорт, внутренние водные пути, речная информационная система, управление, система автоматической идентификации судов, информация, связь.

## GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS OF NAVIGATION MANAGEMENT: PROSPECTS OF USE ON THE INLAND WATER TRANSPORT OF THE REPUBLIC OF BELARUS

*Afanassiev Aleksey P. – M. Sc. Eng., Head of Water Transport Department «TRANSTEKHNIKA» Belarusian Research Institute of Transport Republican Unitary Enterprise Platonova str., 22, Minsk, 220005, Republic of Belarus, alexs.afanassiev@gmail.com*

*Safonova Alina Pavlovna – M. Sc. Eng., engineer of the 2nd category of Water Transport Department «TRANSTEKHNIKA» Belarusian Research Institute of Transport Republican Unitary Enterprise*

*Platonova str., 22, Minsk, 220005, Republic of Belarus, alina.bovbel@gmail.com*

Abstract. Currently an increasing need for information exchange between the sides involved in the transport activities including inland water transport of the Republic of Belarus. Geographic information systems of navigation management are the systems of information support based on the modern communication systems and IT-technologies that collect, process, assess and disseminate the information about inland waterways, vessels dislocation, contribute to the improvement of safety and efficiency of traffic and the fullest use of inland waterways opportunities.

Keywords: navigation, inland waterway transport, inland waterways River Information System, management, Automatic Identification System, information, communication.

Потенциал внутреннего водного транспорта Республики Беларусь определен географическими и техническими возможностями в части интеграции данного вида транспорта в европейскую воднотранспортную систему, что требует повышения эффективности транс-

портных сообщений, их безопасности, а также развития и совершенствования технических средств, необходимых для мониторинга и управления движением судов. Современные мировые тенденции развития внутреннего водного транспорта характеризуются внедрением и применением новых навигационно-информационных технологий, обеспечивающих высокую точность определения местоположения судов и постоянный контроль за их движением в реальном времени. Данные навигационно-информационные технологии требуют внедрения на внутреннем водном транспорте систем информационной поддержки на основе современных средств связи и информационных технологий – речных информационных систем (РИС), для функционирования которых необходимо создание телекоммуникационной инфраструктуры, основным элементом которой являются системы автоматической идентификации судов (АИС).

Судоходство в Республике Беларусь осуществляется по внутренним водным путям на реках Днепр, Березина, Сож, Припять, Западная Двина, Неман, Днепро-Бугском и Микашевичском каналах. Среди сети внутренних водных путей Республики Беларусь важное место занимает участок внутреннего водного пути международного значения Е 40. В соответствии с обязательствами по Европейскому соглашению о важнейших внутренних водных путях международного значения, принятому в Женеве 19 января 1996 года (Указ Президента Республики Беларусь от 28 февраля 2008 года № 133), Республика Беларусь должна обеспечивать требования, предъявляемые к IV классу водного пути, что подразумевает необходимость внедрения РИС на внутренних водных путях.

Участок внутреннего водного пути международного значения Е 40 от Бреста до границы с Украиной, включающий Днепро-Бугский канал, а также реки Мухавец, Пина и Припять – единственный для Беларуси выход к Черному морю через реку Днепр. Возможно открытие через Беларусь транзитного судоходства из Балтийского в Черное море. Внутренний водный транспорт Республики Беларусь, сопредельных стран и стран Европейского союза находится в едином интеграционном процессе, следовательно, для развития международных перевозок грузов внутренним водным транспортом Республики Беларусь, а также привлечения иностранного флота необходимо создать соответствующие условия судоходства, а именно качественную навигационную поддержку внутренних водных путей республики европейского уровня, а также обеспечить отечественный флот современным навигационным оборудованием, позволяющим осуществлять судоходство на территории других государств. Это позволит сократить продолжительность рейса, в том числе за счет уменьшения времени на осуществление маневров судов при их расхождении, повысить устойчивость потоков судов, обеспечить оптимальный график доставки грузов и безопасное судоходство. Наличие полной информации о судах в зоне действия РИС позволит операторам данной системы предпринять эффективные меры по упорядочиванию движения судов, заблаговременному предотвращению чрезмерного их сближения и сведению до минимума значительных маневров судов, как курсом, так и скоростью. Это обеспечит повышение эффективности работы транспортного флота, а также снижение затрат на перевозки.

Концепция РИС заключается в содействии управлению движением судов, обеспечении безопасности судоходства, предоставлении судоводителям навигационной информации о внутренних водных путях. Для этого необходимо создать телекоммуникационную инфраструктуру (каналы связи, береговые сети радиосвязи и радиолокации, АИС), электронные навигационные карты внутренних водных путей, систему доведения информации до потребителей (судоводителей, судовладельцев, администраций внутренних водных путей, служб реагирования на чрезвычайные ситуации и спецслужб) – веб-портал РИС.

Основным элементом РИС является АИС, которая широко применяется в сфере водного транспорта и навигации. РИС используется при слежении за перемещением судов, их размещением у причалов и на якорных стоянках, шлюзовании, позволяет контролировать время погрузки/выгрузки в соответствии с расчетными сроками и т.д. С помощью АИС береговые службы получают динамическую информацию о местонахождении судна и параметрах его движения, а также статическую информацию о судне и рейсе.

Для работы АИС необходимо построение сети базовых станций, располагающихся равномерно вдоль внутреннего водного пути на каждом автоматизированном радиотехническом посту (АРТП) и на каждом локальном центре. Локальные центры – это субцентры РИС. Данные от каждой базовой станции АИС по каналам связи передаются в главный центр РИС, а в субцентры РИС информация поступает от АРТП зоны ответственности соответствующего субцентра РИС. От субцентров РИС информация поступает в главный центр РИС, откуда выдается потребителям данных АИС. Для передачи данных от АРТП в главный центр РИС используется сеть Интернет, в качестве каналов доступа может использоваться мобильная связь 2G или 3G. Для передачи данных от субцентров РИС в главный центр РИС рекомендуется для повышения степени защиты передачи данных использовать выделенные каналы связи. Каждое судно, осуществляющее судоходство в зоне действия АИС, для передачи информации типа «судно – берег» должно иметь на борту судовое оборудование АИС.

Для внедрения РИС на внутренних водных путях Республики Беларусь необходимо создать технологическую инфраструктуру РИС на судоходной части белорусского участка внутренних водных путей международного значения Е 40 от порта Брест до переката Усовский-1 на белорусско-украинской границе протяженностью 636,1 км, а в перспективе на реке Сож до Гомеля, на реке Днепр от н.п. Нижние Жары до Могилева, на реке Березина до Бобруйска. Главный центр РИС целесообразно расположить в Пинске, субцентры РИС в Мозыре, Петрикове, Микашевичах, Бресте (рис. 1).

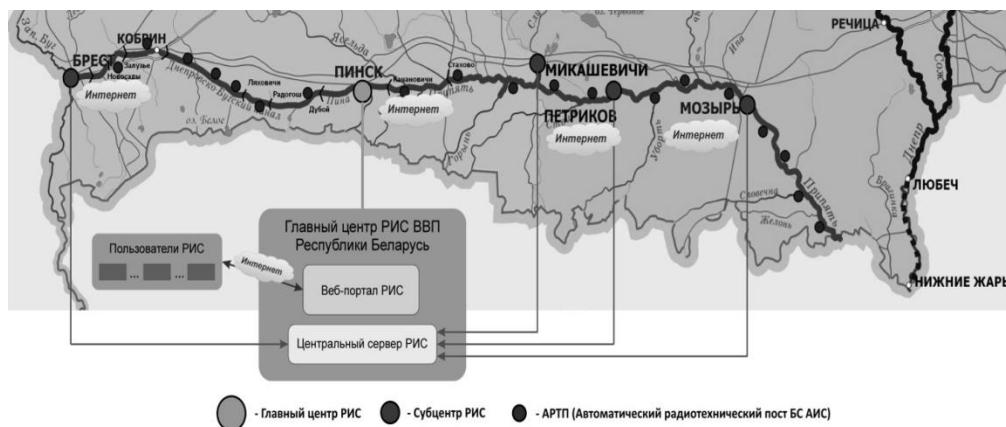


Рисунок 1 – Структура Речной информационной системы на внутренних водных путях Республики Беларусь

Расположение главного центра РИС в Пинске обусловлено равноудаленностью его от субцентров РИС в Мозыре, Петрикове, Микашевичах, Бресте, а также наличием там предприятия водных путей РУЭСР «Днепробугводпуть», обеспечивающего функционирование внутренних водных путей.

Для внедрения и применения геоинформационных систем управления судоходством и обеспечения безопасности на внутреннем водном транспорте в Республике Беларусь потребуются значительные капиталовложения, поскольку данные системы подразумевают создание телекоммуникационной инфраструктуры, электронных навигационных карт внутренних водных путей, веб-портала РИС, а также обеспечение судов современными системами навигационного оборудования.

Экономический эффект от использования РИС оценить сложно, поскольку данные системы не направлены на получение прибыли, однако прямой экономический эффект может быть достигнут за счет получения всей необходимой информации о судах и водном пути в режиме реального времени, что без РИС невозможно. Отсутствие такой информации является фактором, из-за которого грузоперевозчик зачастую выбирает иной способ доставки груза, т.е. способ доставки грузов другим видом транспорта на участках, где целесообразнее использовать внутренний водный транспорт ввиду его высокой провозной способности и

низкой себестоимости перевозок. Единственным минусом, которым обладает данный вид транспорта, является его относительно невысокая скорость.

Внедрение РИС в Республике Беларусь должно привести к увеличению интенсивности движения на внутренних водных путях и, как следствие, увеличить сборы за использование портов и шлюзование. Косвенный эффект от внедрения РИС может быть достигнут за счет возможности ознакомления с инфраструктурой внутренних водных путей и другой статистической информацией, а также динамической информацией (бюллетени уровней воды, извещения о состоянии внутренних водных путей и метеорологической обстановке) всех авторизованных организаций и лиц, тем самым повышая статус водного транспорта Республики Беларусь.

#### *Список литературы*

1. Guidelines and Recommendations for River Information Services (Resolution № 57) [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/sc3wp3/ECE-TRANS-SC3-165-Rev1e.pdf>. Date of access: 13.09.2016.
2. International Standard for Tracking and Tracing on Inland Waterways (VTT) (Resolution № 63) [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/finaldocs/sc3/ECE-TRANS-SC3-176r1e.pdf>. Date of access: 13.09.2016.
3. International Standards for Notices to Skippers and for Electronic Ship Reporting in Inland Navigation (Resolution № 60) [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/finaldocs/sc3/ECE-TRANS-SC3-175e.pdf>. – Date of access: 15.09.2016.
4. Recommendation on Electronic Chart Display and Information System for Inland Navigation (Inland ECDIS) (Resolution № 48) [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2016/sc3wp3/ECE-TRANS-SC3-156-Rev3e.pdf>. Date of access: 15.09.2016.
5. Guidelines and Criteria for Vessel Traffic Services on Inland Waterways (Resolution № 58) [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/finaldocs/sc3/TRANS-SC3-166e.pdf>. Date of access: 16.09.2016.

## **КИТАЙ РАЗВИВАЕТ МЕХАНИЗМЫ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЗАРУБЕЖНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ**

*Ларин Олег Николаевич* – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Центра экономических исследований

*ФГНБУ Российский институт стратегических исследований*

*125413, Россия, Москва, ул. Флотская, д. 15-Б, [larin\\_on@mail.ru](mailto:larin_on@mail.ru)*

*Альметова Злата Викторовна* – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта

*ФГАОУ ВО Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)*

*454080, Россия, г. Челябинск, проспект Ленина, д. 76, [zлата.almetova@yandex.ru](mailto:zлата.almetova@yandex.ru)*

*Аннотация.* Китайская инициатива «Экономический пояс Шёлкового пути» предусматривает развитие трансконтинентальных транспортных коридоров. Для финансирования инфраструктурных проектов Китай создает инвестиционные механизмы с участием зарубежных партнеров. Механизмы финансовой поддержки могут использоваться для продвижения интересов китайского бизнеса на международных рынках.

*Ключевые слова:* транспорт, инфраструктура, инвестиции, механизмы финансирования, инициатива «Экономический пояс Шелкового пути», Китай, высокоскоростная магистраль, конкуренция, Шелковый путь.



## CHINA DEVELOPS INVESTMENT SUPPORT MECHANISMS FOR FOREIGN INFRASTRUCTURE PROJECTS

*Larin Oleg N. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher of Russian Institute for Strategic Studie*

*Flotskaya str., 15-B, Moscow, 125413, Russian Federation, larin\_on@mail.ru*

*Almetova Zlata V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Automotive Transport» of South Ural State University (National Research University)*

*Lenin pr.t, 76, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation, zlata.almetova@yandex.ru*

***Abstract.** The China's Silk Road Economic Belt initiative provides for the development of transcontinental transport corridors. China creates investment mechanisms with foreign partners to finance infrastructural projects. Mechanisms of financial support can be used to promote the interests of Chinese business in international markets.*

***Keywords:** transport, Infrastructure, Investments, Mechanisms to Fund, «Silk Road Economic Belt» initiative, China, High-speed rail, Competition, Silk Road.*

Китай активно развивает национальную транспортную инфраструктуру и оказывает поддержку другим странам в реализации транспортных проектов. К числу наиболее масштабных инфраструктурных проектов, которые Пекин предлагает участникам инициативы «Экономический пояс Шелкового пути» (Шелковый путь), относится строительство Высоко-скоростных железнодорожных магистралей (ВСМ). Отдельные проекты ВСМ в перспективе должны образовать единую трансконтинентальную ВСМ «Евразия», которая соединит Западную Европу с Восточной Азией и будет проходить по территории России. Общая протяженность евразийской скоростной магистрали превысит 9 тыс. км, из которых на Россию приходится почти 2,4 тыс. км. Инфраструктурные проекты, в том числе строительство ВСМ, являются затратными. Поэтому их реализация ведется, как правило, с привлечением кредитных ресурсов. Существующая практика показывает, что китайские инвесторы могут выделять значительную часть необходимого объема финансовых средств для инфраструктурных проектов [1]. При этом инвестиционный фактор может использоваться Пекином для усиления позиций китайского бизнеса на рынках стран вдоль транспортных коридоров «Шелкового пути». С этой целью Китай внедряет механизмы инвестиционной поддержки.

Пекин является инициатором создания двух крупных финансовых институтов. Первого в форме международной финансовой организации – Азиатский банк инфраструктурных инвестиций (Asian Infrastructure Investment Bank, далее – АБИИ) с капиталом 100 млрд. долл., второго – в форме суверенного инвестиционного Фонда Шелкового пути (Silk Road Fund) с капиталом 40 млрд. долл. Идею создания АБИИ поддержало более 50 стран практически со всех континентов. На сегодняшний день, по данным АБИИ, насчитывается 80 участников банка, в том числе 56 действительных членов и 24 потенциальных участника. Деятельность банка направлена на оказание поддержки странам-участникам в создании эффективной инфраструктуры. Одним из приоритетных направлений являются транспортные проекты, в том числе связанные с трансграничными коммуникациями между странами «Шелкового пути». Руководство банка уже одобрило финансирование по 17 проектам на общую сумму более 2,5 млрд. долл. Среди первых получателей инвестиций являются Азербайджан, Индия, Бангладеш, Пакистан, Мьянма, Таджикистан, Индонезия, Оман и Грузия.

«Фонд Шелкового пути» (далее – ФШП) создан контролируемыми государством структурами, том числе Банком развития и Экспортно-импортным банком. К концу 2016 г. ФШП подписал соглашения по 15 проектам с общим объемом инвестиций 6 млрд. долл. Россия является одной из приоритетных стран для инвестирования. В состав финансовых институтов развития, которые Пекин планирует использовать для реализации программы «Шелкового пути», также входит Новый банк развития (New Development Bank, далее – НБР). Банк создан в 2015 г. странами группы БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, КНР, ЮАР) с потенци-

альным объемом капитала в 100 млрд. долл. НБР кредитует преимущественно инфраструктурные проекты в странах-учредителях из группы БРИКС.

Для инвестирования в проекты на российской территории Китай использует возможности Российско-Китайского Инвестиционного Фонда (РКИФ), который создан Российским Фондом Прямых Инвестиций (далее – РФПИ) и Китайской инвестиционной корпорацией (China Investment Corporation, далее – CIC). Капитал фонда формируется за счет взносов учредителей в размере по 1 млрд. долл. каждый и дополнительных взносов в размере 2 млрд. от внешних инвесторов. Инвестиции направляются преимущественно в российские проекты. За пятилетний период деятельности фонд профинансировал 19 проектов с общим объемом инвестиций 1 млрд. долл. в сфере лесопереработки, транспортной инфраструктуры, в финансовом, технологическом и потребительском секторах. Совокупные инвестиции РКИФ и партнеров достигают 5 млрд. В июле 2017 г., во время визита Си Цзиньпина в Москву, РФПИ и CIC объявляют об увеличении капитала РКИФ на 1 млрд. долл. за счет пропорциональных взносов со стороны учредителей.

Однако совокупных средств этих институтов будет явно недостаточно для строительства «Шелкового пути». По оценкам экспертов Азиатского банка развития, странам региона необходимо ежегодно инвестировать в развитие инфраструктуры около 1,7 трлн. долл. В числе актуальных проектов указаны объекты энергетической, транспортной и телекоммуникационной инфраструктуры, а также водоснабжения и санитарии. Отмечается, что более 30% этих средств должно направляться на создание объектов транспортной инфраструктуры, так как отсутствие современных портов, железных дорог и автодорог, способных обеспечить эффективную связь стран региона с более крупными внутренними и мировыми рынками, приводит к дополнительным издержкам во внешней торговле. В числе основных получателей средств названы страны восточной Азии, куда направляется свыше 60% от общего объема инвестиций [2].

Поэтому Пекин ведет активную работу по увеличению объема и привлечению дополнительных инвестиций для строительства «Шелкового пути». На первом форуме международного сотрудничества «Один пояс и один путь», который состоялся в Пекине в мае 2017 г., китайский лидер Си Цзиньпин заявил о дополнительном финансировании программы. В частности, будет увеличен капитал ФШП на 14 млрд. долл., Китайский банк развития и Экспортно-импортный банк выделят специальные кредиты в размере 40 и 25 млрд. долл. соответственно для поддержки сотрудничества в области инфраструктуры, промышленного потенциала и финансов.

Китайский государственный банк развития (China Development Bank, далее – CDB) подписал со странами вдоль маршрутов «Шелкового пути» более 100 проектов на сумму свыше 40 млрд. долл., выдал кредитов более чем на 30 млрд. долларов. Экспортно-импортный банк Китая подписал более 1100 проектов на сумму свыше 100 млрд. долл., выдал кредитов более чем на 80 млрд. долларов. Китайская компания страхования экспортных кредитов осуществила страховку экспорта и инвестиций на сумму более 320 млрд. долл. [3].

Наличие мощной финансовой поддержки со стороны государства обеспечивает китайскому бизнесу дополнительные конкурентные преимущества при экспансии на международные рынки. Например, государственный конгломерат CITIC Ltd. объявил об участии его подразделений в 300 проектах с общим объемом финансирования свыше 110 млрд. долл. в странах, расположенных в русле экономических коридоров «Шелкового пути» – от Сингапура до Туркменистана. Холдинг также создает инвестиционный фонд с капиталом около 15 млрд. долл., который будет участвовать в слияниях и поглощениях, партнерствах между государственным и частным секторами и финансировать деятельность китайских компаний за рубежом.

Для осуществления прямых инвестиций в юанях Китай создает специализированные инвестфонды с участием государственных финансовых институтов. Например, в 2017 г. РФПИ и CDB договорились о создании Российско-китайского фонда инвестиционного сотрудничества (РКФИС) в юанях с общим объемом 68 млрд. (эквивалент 10 млрд. долл.). РФПИ будет участвовать в новом Фонде через РКИФ, а CDB – через дочернюю компанию

China Development Bank Capital (CDBC). Создание подобных фондов позволит использовать упрощенный механизм осуществления прямых инвестиций с расчетами в национальных валютах. Инвестиции по линии РКФИС планируется направлять в проекты в рамках инициативы «Пояс и путь», в том числе, в транспортной сфере, которые являются ресурсоёмкими [4]. Например, только для создания двух международных транспортных коридоров между Дальневосточными российскими регионами и Северо-Восточными провинциями Китая потребуется свыше 300 млрд. рублей. Учитывая значительные потребности российских регионов в инвестициях, Национальная комиссия по развитию и реформам Китая планирует создать Инвестиционный фонд развития регионального сотрудничества между Китаем и Россией с общим объемом 100 млрд. юаней для содействия сотрудничеству между Северо-восточными китайскими и Дальневосточными российскими регионами.

Кроме прямых инструментов инвестиционной поддержки инфраструктурных проектов в рамках «Шелкового пути» китайские госбанки (например, CDB и Exim Bank) щедро предоставляют так называемые «связанные» кредиты под зарубежные проекты. Основными условиями выделения таких кредитов являются участие китайских компаний в выполнении подрядных работ, приобретение китайского оборудования, техники, технологий и пр. Обычно «связанные» кредиты предоставляются правительствам или под их гарантии крупным госкомпаниям под конкретные инфраструктурные проекты (строительство автомобильных и железных дорог, портов электростанций и пр.). При этом обеспечиваются выгодные условия кредитования: величина кредита может достигать 85% от стоимости проекта, ставки по кредиту, как правило, не превышают 2%, предлагаются длительные сроки погашения с возможностью отсрочки платежей. В рамках связанных кредитов нередко китайские субподрядные компании получают льготы по налогообложению и уплате таможенных пошлин. Эффект для китайской экономики от «щедрой» кредитной политики достигается за счет увеличения экспорта национальной продукции и услуг на рынки заемщиков, в то же время анонсированный эффект для экономик стран, в которых реализуются инфраструктурные проекты на «связанные» кредиты, не всегда обеспечивается [5].

Россия заинтересована в привлечении китайских инвестиций для реализации транспортных проектов [6]. Однако вопрос их «связанности» с передачей отдельных работ китайским компаниям часто остаётся открытым. В настоящее время российско-китайский консорциум завершает проектные работы по ВСМ «Москва – Казань», которая, как ожидается, станет составной частью магистрали «Евразия». Китайские инвесторы готовы выделить на реализацию проекта около 5 млрд. долл. При этом китайские эксперты заявляют о целесообразности производства подвижного состава для ВСМ в Поднебесной [7]. В этой связи представляется актуальной задача по обеспечению глубокой локализации проекта ВСМ «Москва – Казань» независимо от источника инвестиций, что предполагает организацию производства подвижного состава в России, использование отечественного оборудования, материальных и трудовых ресурсов.

#### *Список литературы*

1. Губин А. В. Проект «Экономического пояса Нового Шёлкового пути» // Проблемы национальной стратегии. 2016. № 4 (37). С. 138-157.
2. Потребности в финансировании инфраструктуры Азии превышают \$1,7 трлн. в год, что в два раза больше предыдущей оценки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.adb.org/ru/news/asia-infrastructure-needs-exceed-17-trillion-year-double-previous-estimates> – (дата обращения: 20.10.2017).
3. Совместное строительство «Одного пояса, одного пути»: идея, практика и вклад Китая [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.yidaiyilu.gov.cn/wcm.files/upload/CMSydylyw/201705/201705110545004.pdf> – (дата обращения: 20.10.2017).
4. Альметова З.В., Подрядова Т.Е., Шеремет А.А. Анализ грузопотоков по транспортным маршрутам «Китай – Западная Европа» через территорию стран Евразийского экономического сообщества (ЕАЭС) // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межву-

зовский сборник научных статей (с международным участием). Ответственный редактор О.М. Багищева. Самара. 2016. С. 63-68.

5. China's Road: into the Western Balkans [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iss.europa.eu/sites/default/files/EUISSFiles/Brief%203%20China%27s%20Silk%20Road.pdf> – (дата обращения: 20.10.2017).

6. Ларин О.Н. Перспективы интеграции транспортных систем Евразийского экономического союза // Проблемы национальной стратегии. 2017. № 4 (43). С. 152-170.

7. China sees faster trains ahead [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.chinadaily.com.cn/world/2017-02/07/content\\_28120178.htm](http://www.chinadaily.com.cn/world/2017-02/07/content_28120178.htm) – (дата обращения: 20.10.2017).

УДК 338.47:656 (470.1/.2+571.121)

## ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОРНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ЕВРОПЕЙСКОГО И ПРИУРАЛЬСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

*Киселенко Анатолий Николаевич* – доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор, заведующий лабораторией проблем транспорта

*ФГБУН Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук*

*167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26, [kiselenko@iespn.komisc.ru](mailto:kiselenko@iespn.komisc.ru)*

*Аннотация.* Приведены основы формирования опорной транспортной сети Европейского и Приуральского Севера России. Они включают в себя: базу данных провозных и пропускных способностей узлов и дуг сети, мощностные характеристики транспортных объектов сети, подходы и методы построения опорной транспортной сети. Приведены фрагменты текущей и опорной транспортной сети Европейского и Приуральского Севера России.

*Ключевые слова:* транспортная сеть, опорная транспортная сеть, база данных, подходы и методы построения опорной транспортной сети, Европейский и Приуральский Север России.

## THE BASIS FOR THE FORMATION OF CORE TRANSPORT NETWORK BY EUROPEAN AND CISURAL NORTH OF RUSSIA

*Kiselenko Anatoly N.* – Doctor of Technical and Economics Sciences, Professor, Head of the Laboratory of transportation problem of Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

*Kommunisticheskaya str., 26, Syktyvkar, Respublika Komi, 167982, Russian Federation, [kiselenko@iespn.komisc.ru](mailto:kiselenko@iespn.komisc.ru)*

*Abstract.* The paper presents the basis for the formation of core transport network by European and Cisural North of Russia. They include: database and carrying capacities of the nodes and arcs of the network, the power characteristics of the transport network features, approaches and methods of building a core transport network. Given portions of the current and the reference transport network of the European and Cisural North of Russia.

*Keywords:* transport network, core transport network, a database, approaches and methods of building a core transport network, European and Cisural North of Russia

В работе под транспортной сетью понимается множество узлов (пунктов) и связывающих их путей сообщений, обеспечивающих доступность транспортных услуг на рассматриваемой территории. Под опорной транспортной сетью (ОТС) понимаем множество путей

сообщения и узлов, обеспечивающих доступность транспортных услуг между основными населенными пунктами и экономическими центрами на рассматриваемой территории. Развитие ОТС осуществляется за счет увеличения опорных транспортных узлов, путей сообщения и инноваций на транспорте.

Основой формирования ОТС Европейского и Приуралья Севера России (ЕиПСР) являются: текущие и перспективные источники грузо- и пассажиропотоков; провозные и пропускные способности узлов и дуг транспортной сети; мощностные характеристики транспортных объектов; подходы и методы построения ОТС.

Текущими и перспективными источниками грузо- и пассажиропотоков являются основные населенные пункты и экономические центры ЕиПСР. Критериями выбора основных населенных пунктов и экономических центров являются: административные центры субъектов ЕиПСР; административные центры муниципальных образований с численностью жителей более 15 тыс. чел.; крупные производственные центры, включая центры добычи полезных ископаемых (текущие и перспективные); крупные транспортные узлы [1]. В таблице 1 приведены фрагменты списка основных населенных пунктов и экономических центров.

*Таблица 1 – Фрагменты списка основных населенных пунктов и экономических центров ЕиПСР*

Субъект ЕиПСР	Основные населенные пункты ЕиПСР	Экономические центры ЕиПСР
Архангельская область	г. Архангельск	г. Архангельск (с г. Северодвинском и г. Новодвинском)
	г. Корьяма	г. Котлас (с г.Корьяма)
	...	...
Республика Коми	г. Сыктывкар	г. Сыктывкар
	г. Воркута	г. Воркута
	...	...
Республика Карелия	г. Петрозаводск	г. Петрозаводск (с г. Кондопога)
	г. Костомукша	г. Костомукша
	...	...
Мурманская область	г. Мурманск	г. Мурманск (с г. Североморском)
	г. Апатиты	г. Апатиты (с г. Кировск)
...	...	...
НАО	г. Нарьян-Мар	г. Нарьян-Мар
		п. Варандей

Провозные и пропускные способности узлов и дуг, мощностные характеристики транспортных объектов транспортной сети ЕиПСР приведены в разработанной лаборатории проблем транспорта Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НИЦ УрО РАН базе данных. В таблице 2 представлен фрагмент «Мощности железнодорожных узлов транспортной сети ЕиПСР» этой базы.

Основными методами построения и субьоптимизации ОТС ЕиПСР являются: нормативный, балансовый, потокового программирования. При построении ОТС используются подходы программно-целевого и стратегического планирования. На рис. 1 приведены основные ориентиры развития ОТС ЕиПСР, использующие объединение прямого и обратного процессов стратегического планирования [2]. Отметим, что во всех перечисленных методах и подходах присутствуют экспертные суждения.

В настоящее время в основе программно-целевого и стратегического планирования лежат проекты и мероприятия, включенные в «Транспортную стратегию РФ на период до 2030 г.» и в «Концепцию развития Арктической транспортной системы на перспективу до 2030 г.», которая учитывает план мероприятий по реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г.

Таблица 2 – Фрагмент «Мощности железнодорожных узлов транспортной сети ЕиПСР» базы данных

		Характеристика железнодорожных узлов							
		Воркута	Чум	Инта I	Инта II	Сыня	Печора	Ираель	Сосногорск <sup>1</sup>
3	Тип станции	грузовая	пассаж.	грузовая	грузовая	грузовая	грузовая	грузовая	грузовая
4	Мощность станции, млн т	35	-	10	10	2	20	5	20
5	ЖД линии (1-, 2-хпутная)	1	1	2	2	2	2	2	2
6	Автоблокировка (+есть/-нет)	-	-	+	-	+	+	+	+
7	Пассажирский вокзал (+есть/-нет)	+	+	+	-	+	+	+	+
8	Полезная длина путей, м	850	400	850	850	850	850	850	850
9	Кол-во приемо-отправочных путей, ед.	9	3	6	5	5	19	8	19
10	Подъездные пути необщего пользования (+есть/-нет)	+	-	+	+	+	+	+	+
11	Локомотивное депо (+есть/-нет)	+	-	+	-	-	+	-	+
12	Средства механизации (наличие, г/п, т)	12,5	-	-	-	-	12,5	-	-
13	Открытые площадки для хранения (+есть/-нет)	+	-	+	+	+	+	+	+
14	Закрытые площадки для хранения (+есть/-нет)	+	-	-	-	-	-	-	-
15	Обработываемые грузы	Каменный уголь	+	-	+	+	+	+	+
16		Лесные грузы		-				+	+
17		Строительные грузы	+	-	+	+	+	+	+
18		Нефть и нефтепродукты		-			+	+	+
19		Черные металлы		-					
20		Лом черных металлов		-	+	+			+
21		Цветная руда		-					
22	Контейнеры								

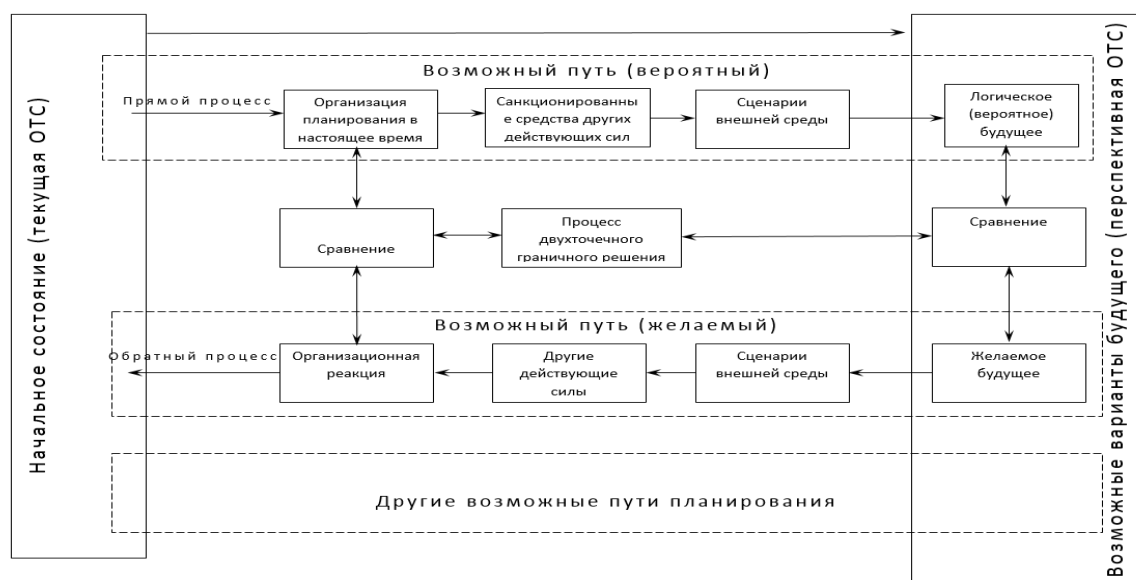


Рисунок 1 – Основные ориентиры процесса стратегического планирования развития ОТС

Основные цели Транспортной стратегии (далее – Стратегии) следующие.

Первая цель – формирование единого транспортного пространства. Эта цель будет достигнута, во-первых, при переходе к полноценной сетевой структуре железных и автомобильных дорог и полицентрической модели пространственного развития страны, и в частности, ЕиПСР. Во-вторых, за счет формирования инфраструктуры скоростных железных дорог. В-третьих, необходима активизация использования внутренних водных путей. Второй целью Стратегии является обеспечение доступности и качества транспортно-логистических услуг в области грузовых перевозок. Опережающее развитие транспорта снимет инфраструктурное ограничение на развитие экономики ЕиПСР. Здесь необходимо отметить такие крупные проекты как Белкомур, Баренцкомур, Северный широтный ход, модернизация Мурманского транспортного узла (в первую очередь – морского порта) и возрождение Северного морского пути (СМП). Третьей целью Стратегии является обеспечение доступности и качества транспортных услуг для населения в соответствии с социальными стандартами. Для ЕиПСР основным индикатором является авиационная подвижность населения. В 70–80-х гг. прошлого столетия этот индикатор превышал значение «2». В Стратегии на 2030 г. запланировано – «1,23», что в значительной степени снизит темпы развития экономики в северных и трудно-

доступных регионах страны и, в частности, ЕиПСР. Интеграция в мировое транспортное пространство, реализация транзитного потенциала страны является четвертой целью Стратегии. Для ЕиПСР – это, в первую очередь, опорные морские порты СМП и железнодорожные пути к ним. А так же усиление наземных путей сообщения с Финляндией и Норвегией. Пятая цель – повышение уровня безопасности транспортной системы. При выполнении этой цели более чем на 60% уменьшатся транспортные риски и повысится уровень защищенности объектов транспорта от актов незаконного вмешательства. Выполнение шестой цели Стратегии (снижение негативного воздействия транспортной системы на окружающую среду) позволит снизить на 20–53 % (в зависимости от вида транспорта) удельные выбросы CO<sub>2</sub> на транспорте в 2030 г. по сравнению с 2011 г.[3].



Рисунок 2 – Фрагменты текущей транспортной сети ЕиПСР

На рис. 3 приведен фрагмент одного из вариантов разработанной ОТС ЕиПСР.



Рисунок 3 – Фрагмент опорной транспортной сети ЕиПСР

На рис. 2 приведены фрагменты текущей транспортной сети ЕиПСР. Используя процесс стратегического планирования (рис.1) и расчеты сети по моделям потокового программирования, была построена ОТС ЕиПСР (один из возможных вариантов). Начальное состояние ОТС представлено на рис. 2. Конечное состояние ОТС есть логическое (вероятное) или желаемое. Логическое (вероятное) конечное состояние ОТС говорит о том, что факторы предположения останутся неизменными на временной период рассмотрения.

#### *Список литературы*

1. Фомина И.В., Шевелева А.А. Критерии для определения населенных пунктов при формировании опорной транспортной сети Европейского и Приуральского Севера России // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. Санкт-Петербург: ИПТ РАН. 2016. Том 1. С. 78-82.
2. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем / Пер. с англ. М.: Радио и связь. 1991. 224 с.
3. Киселенко А.Н. Транспорт Европейского и Приуральского Севера России: основные цели и проекты развития // Вестник Коми НЦ УрО РАН. Вып. 31. Вклад академической науки в развитие производительных сил Республики Коми: Межрегиональная научно-практическая конференция (К 95-летию образования Республики Коми). Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН. 2016. С. 102-115.

УДК 658.314.7:330.115

## **КАТАЛОГИЗАЦИЯ УСЛУГ В ОРГАНИЗАЦИОННОМ УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИЕЙ**

**Цыганов Владимир Викторович** – доктор технических наук, профессор, заведующий Московским отделом ИПТ РАН, [av188958@akado.ru](mailto:av188958@akado.ru)

**Савушкин Сергей Александрович** – старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Московского отдела ИПТ РАН, [ssavushkin@mail.ru](mailto:ssavushkin@mail.ru)

**Лемешкова Алеся Валерьевна** – младший научный сотрудник Московского отдела ИПТ РАН, [aleslemesh@mail.ru](mailto:aleslemesh@mail.ru)

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13

Аннотация. Целью данной работы является исследование проблем построения каталога услуг транспортной компании и его роли в обеспечении клиентоориентированности управления компанией. Новым является позиционирование каталога услуг, как информационной основы управления компанией и взаимодействия с клиентом. Определены назначение каталога услуг, цели его создания и области применения. Описаны принципы и процедуры формирования, ведения и целевого применения каталога. Сформулированы требования к автоматизированной системе каталогизации и контроля качества оказываемых услуг.

Ключевые слова: технология, транспорт, аудит, организация, система, управление, структура, каталог, услуга, качество.

## **CATALOGING OF SERVICES INTO ORGANIZATIONAL MANAGEMENT OF A TRANSPORT COMPANY**

*Tsyganov Vladimir V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Moscow department of ITP RAS, [av188958@akado.ru](mailto:av188958@akado.ru)*



*Savushkin Sergey Al. – Ph.D. (math.), Leading Researcher of Moscow department of ITP RAS, ssavushkin@mail.ru*

*Lemeshkova Alesia V. – researcher of Moscow department of ITP RAS, aleslemesh@mail.ru  
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Abstract. The purpose of this article is to research the problems of building a catalog of services for a transport company and its role in ensuring client-oriented management of the company. New is the positioning of the service catalog as an information basis for the management of the company and interaction with the client. The function of the service catalog, the purpose of its creation and the scope of application are determined. The principles and procedures for the formation, maintenance and targeted use of the catalog are described. Requirements for an automated system of cataloging and quality control of the services provided are formulated.*

*Keywords: technology, transport, audit, organization, system, management, structure, catalog, service, quality.*

Теоретической основой исследований вопросов повышения эффективности управления крупномасштабной компанией является теория больших транспортных систем [1]. Решение проблемы повышения качества и эффективности управления [2] связано с повышением, с одной стороны, уровня технологического развития предприятия, а с другой – клиентоориентированности управления. Эти задачи в настоящее время решаются, во-первых, системой постоянно действующих технологических аудитов [3-4], во-вторых, системой организации и использования каталога услуг. Технологические аудиты контролируют качество внутренних услуг, которые подразделения компании оказывают друг другу, а система организации каталога – качество внешних услуг, которые компания оказывает клиентам.

Принцип клиентоориентированности [5] означает, что ключевой целью компании является выполнение требований клиентов. Он обеспечивается за счет особого внимания к процессу проектирования услуг на основе изучения текущих и будущих потребностей основных категорий клиентов. Реализация принципа клиентоориентированности предполагает, в частности, через формализацию требований клиентов, мониторинг их удовлетворенности и строгое соблюдение установленных требований. Одним из элементов этого процесса является формирование каталога (каталогизация) услуг компании [5-7]. Каталог услуг компании является нормативным документом и обязателен к применению всеми ее структурными подразделениями. Каталогизация услуг тесно связана со стандартизацией и предполагает создание основы для создания системы контроля качества услуг. Это обстоятельство создаст у клиента уверенность в содержании и качестве услуги, что, в свою очередь, будет способствовать привлечению компанией дополнительных клиентов.

Основная цель создания каталога услуг вытекает из упомянутого принципа клиентоориентированности, который предполагает гибкую и оперативную настройку производственного процесса на потребности клиента. При этом потребности клиента могут быть сформулированы достаточно широко. Разумеется, компания сможет удовлетворить эти потребности только в пределах своих компетенций и роль каталога услуг здесь состоит в том, чтобы лучше оценить и, по возможности, расширить границы компетенций.

Концептуально, каталог (в электронном варианте) должен стать основным индикатором, выражающим назначение, миссию компании, направление ее деятельности, а также интегральным показателем результативности. Каталог может применяться для:

- ведения переговоров с клиентом при заключении договора на оказание услуги;
- информирования и рекламирования деятельности компании;
- разработки стандартов качества предоставленных услуг;
- анализа рыночной конъюнктуры и места компании на рынке услуг;
- систематизации деятельности компании и оценки ее результативности с точки зрения качества предоставленных услуг;
- построения системы оценки качества оказания услуг;

- исследования портфеля услуг для определения новых перспективных услуг.

Подход к организации каталога услуг предполагает классификацию и группировку имеющегося набора услуг и построение на этой основе структуры каталога. Для формирования каталога необходимо изучить набор услуг, оказываемых компанией в том виде, как они сформулированы в настоящее время, опубликованы на сайтах компании, в печатной периодике или обозначены в ее уставе. Структуризация каталога проводится на основе:

- вертикальной классификации по родо-видовым отношениям;
- горизонтальной группировки по причинно-следственным и технологическим связям;
- группировки по ассоциативным отношениям;
- параметризации.

В основу классификации могут быть положены различные варианты многослойного классификационного дерева, построенные в результате сложившейся практики оказания и характера услуг, например, грузовые и пассажирские перевозки, терминально-складские и транспортно-логистические услуги, предоставление инфраструктуры и др. Одной из вершин (корней) дерева может являться «идеальная услуга» [7], которая формулируется, исходя из миссии и стратегических целей компании, и объединяет все виды ее деятельности. Анализ «идеальной услуги» позволяет систематизировать все услуги, оказываемые компанией. При этом не имеет значения то, что «идеальная услуга» не может быть реализована в полном объеме. Выбор вариантов классификации остается за ответственными структурами, осуществляющими каталогизацию.

Одним из элементов стандартизации любого продукта (в частности, услуги) является присвоение ей уникального (в масштабах компании, отрасли, страны) кода. Принципы кодификации услуг предлагается гармонизировать с общероссийским классификатором ОКПД2 [7]. Внутренний код услуги определяется на основе классификационного дерева, а полный код услуги формируется как комбинация двух частей кода.

Формализованное (каталожное) описание услуги состоит из граф (полей) таблицы и содержит:

- регистрационную информацию (коды, краткое наименование, сведения об инициаторе и исполнителе внесения услуги в каталог);
- информация по содержанию услуги (порядок предоставления и возможности услуги, регламентирующие документы, порядок оценки качества услуги);
- статусная информация (действующая, приостановленная или невостребованная, обязательная или инициативная, внешняя или внутренняя);
- информация для клиента (информация о владельце (поставщике) услуги, стоимость услуги);
- информация о семантических связях (родо-видовые, причинно-следственные, ассоциативные, ключевые слова, параметризация);
- информация для исполнителей услуги (возможные категории клиентов, процессная модель подготовки и оказания услуги, сопряженные средства автоматизации управления услугой, статьи расходов на услугу).

При этом предполагается разграничение доступа к различным полям описания для различных пользователей каталога.

Формирование каталога услуг состоит из двух стадий:

- разработку, согласование и утверждение первичного каталога услуг;
- дальнейшее управление каталогом с целью его актуализации в условиях изменений.

Структуру организационной системы каталогизации услуг составляют:

- экспертный совет по каталогизации;
- органы управления бизнес-блоков, в ведении которых находятся организации, оказывающие закрепленные за этими бизнес-блоками услуги;
- должностное лицо или подразделение бизнес-блока, ответственное за проведение работ по каталогизации закрепленных за этим бизнес-блоком услуг (каталогизатор);
- владельцы услуг – структурные подразделения компании.

Управление каталогом направлено на его актуализацию и эффективное использование путем выполнения процедур:

- включения услуги в каталог;
- сопровождения (анализа и корректировки) каталога;
- исключения услуги из каталога;
- обеспечения пользователей каталогом.

Сопровождение каталога включает его анализ и корректировку в связи с изменениями потребностей клиентов, нормативных документов, структуры управления и других изменениях.

Анализ каталога включает такие операции как, выявление новых перспективных услуг и связей между ними, а также не востребуемых и устаревших услуг и связей, сходных по содержанию услуг для их унификации, проверку соответствия изменяющимся требованиям клиентов и нормативных документов компании, уточнение информации по содержанию услуги, углубление формализации информации для исполнителей. Анализ и выявление несоответствий в каталоге может производиться каталогизатором, владельцами услуг и группами контроля и направлен на совершенствование структуры и содержания каталога.

Работы по каталогизации, стандартизации и контролю качества услуг обеспечивают информационные технологии представления, сбора данных, контроля, мониторинга, классификации, идентификации, кодирования, регистрации, обработки, хранения и распределения информации об услугах. Для информационной поддержки работ создается многоцелевой программно-информационный ресурс, обеспечивающий многоуровневый доступ к информации об услугах.

Система каталогизации и информационного контроля выполнения услуг, как составляющая системы менеджмента качества услуг компании, должна быть встроена в общую автоматизированную систему управления компании и взаимодействовать с другими подсистемами, такими как CRM-система, базы данных по стандартизации, системами прогнозирования и моделирования и др. Она должна обеспечить информационный контроль выполнения стандартов качества услуг, возможности ввода объективно оцененных значений показателей качества, вычисления комплексной оценки качества, согласно текущим представлениям о приоритетах компании, а также распространение и доступность информации о качестве услуг. Кроме того, она должна настраиваться на номенклатуру и значения параметров алгоритма оценки. Пользователями данной системы будут руководители высшего звена, лица, принимающие оперативные и стратегические управленческие решения в области услуг, аналитики, экономисты, плановики, владельцы, исполнители и разработчики услуг.

Таким образом, необходимо рассматривать комплексный проект создания автоматизированной системы каталогизации, стандартизации и контроля качества оказываемых услуг на основе единой информационной среды. Проводимые исследования и разработки позволяют обосновать создание такой автоматизированной системы с формализацией и организацией поддержки параметров качества оказываемых услуг на всех этапах их жизненного цикла.

#### *Список литературы*

1. Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза – СПб: ИПТ РАН. 2016. 216 с.
2. Савушкин С.А., Цыганов В. В., Технологические аудиты в организационном управлении транспортными предприятиями / Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2016) = Management of Large-scale System Development» (MLSD'2016): труды Девятой междунар. конф., 3-5 окт. 2016 г., Москва: в 2 т. / Ин-т проблем упр. им. В. А. Трапезникова Рос. акад. наук; под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. Т.1. М.: ИПУ РАН. 2016. 430 с. С. 376-388.
3. Цыганов В.В., Савушкин С.А. Методика каталогизации, стандартизации и контроля услуг холдинга ОАО «РЖД» // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. Санкт-Петербург: ИПТ РАН. 2016 . Том 1. С.102-106.

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ КАТАЛОГА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

*Савушкин Сергей Александрович – старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Московского отдела ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, ssavushkin@mail.ru*

*Аннотация.* Целью данной работы является разработка математической модели каталога транспортных услуг. Под моделью понимается структура информационных компонент каталога и порядок взаимодействия системы ведения каталога с клиентом. Подход на основе теории формальных языков к построению модели каталога является новым. Взаимодействие с клиентом предполагается на основе формального перевода, в котором входным языком является язык клиента, а выходным – язык логистических схем. Приводятся фрагменты формальных описаний языков и правил перевода.

*Ключевые слова:* технология, транспорт, управление, формализация, язык, структура, каталог, услуга, качество

## FORMALIZATION OF THE TRANSPORT SERVICES CATALOG

*Savushkin Sergey Al. – Ph.D. (math.), Leading Researcher of Moscow department of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, ssavushkin@mail.ru*

*Abstract.* The purpose of this article is to develop a mathematical model of the transport services catalog. The model is understood as the structure of information components of the catalog and the order of interaction of the catalog maintenance system with the client. The approach based on the theory of formal languages to building a catalog model is new. Interaction with the client is assumed on the basis of a formal translation, in which the input language is the client's language, and the output language is the language of the logistic schemes. Fragments of formal descriptions of languages and translation rules are given.

*Keywords:* technology, transport, management, formalization, language, structure, catalog, service, quality

Вопросы повышения эффективности управления крупномасштабной транспортной компанией изучаются на основе теории больших транспортных систем [1] и связаны с проблемой клиентоориентированности управления [2]. Эти задачи в настоящее время решаются, в частности, системой организации и использования каталога услуг [3].

Под каталогом до настоящего времени понимался перечень простых, хорошо сформулированных и однозначно понимаемых услуг. Процесс составления сложной услуги, требуемой клиенту, из этих простых услуг полностью возлагался на клиента. В настоящее время намечен серьезный поворот в сторону принципа клиентоориентированности, при котором компания беретса сама конструировать из простых услуг сложные в соответствии с потребностями клиента. При этом описать все возможное множество сложных услуг и задать его простым перечислением оказывается невозможным. Это множество возможно, потенциально бесконечно. Для описания таких множеств существуют соответствующие математические инструменты.

Множество услуг, оказываемых компанией, определяется потребностями клиента. Интуитивно ясно, что множество потребностей клиента также является потенциально бесконечным. В математике известны понятия рекурсивных и рекурсивно-перечислимых множеств, т.е. бесконечных множеств, задаваемых конечным числом формул. Одним из таких инструментов задания множеств являются грамматики Хомского, как математическое поня-

тие, их частный случай – контекстно-свободные (КС) грамматики и их практический аналог – формулы Бэкуса-Наура (БНФ). Эти понятия исследованы и изложены в монографии [4].

Поставим задачу создания каталога услуг следующим образом:

- 1) создадим инструмент (формальный язык клиента) для описания потребностей клиента;
- 2) создадим промежуточный язык – язык логистических схем, в состав которого входят описания базовых услуг и технологических операций, а также способы их соединения;
- 3) опишем систему перевода с языка п. 1 на язык п. 2.

Отметим следующее:

1. Наличие развитого императивного языка клиента скорее способствует, чем препятствует организации дружественной процедуры диалогового взаимодействия с клиентом. В данном случае язык необходим не столько как средство коммуникации, сколько как средство исследования и описания границ бесконечного множества потребностей клиента. Предложенный в [3] принцип «идеальной услуги» реализуется в данном подходе таким образом, что понятие «идеальная услуга» соответствует понятию «начальный символ грамматики».

2. Из способов соединения услуг или технологических операций можно отметить в крайней мере последовательное и параллельное выполнение. Разработка логистической схемы – само является базовой услугой. Она может также являться элементом в цепочке логистической схемы более высокого уровня, например, при выполнении сезонный перевозок, необходимость в которых очевидна, а объем и другие детали будут уточняться.

3. Системы перевода между формальными языками хорошо развиты в соответствующих теориях [4-5].

Синтаксис фрагмента формального языка описания возможных запросов клиента определим посредством БНФ. Запрос на услугу перевозки груза уровня 4PL может иметь следующую структуру:

<услуга перевозки> ::= <путь>, <описание груза>, <объем>, <сроки>, <дополнительные условия>

<путь> ::= <пункт отправления>, <пункт назначения>

<пункт отправления> ::= <пункт>, <точка расположения груза>

<пункт назначения> ::= <пункт>, <точка расположения груза>

<пункт> ::= <предприятие> | <железнодорожный узел> | <транспортный узел> | <адрес>

Клиент может, например, указать адрес дома или квартиры в городской или сельской местности, а также, в крайнем случае, географические координаты.

<точка расположения груза> ::= <склад> | <площадка> | <транспортное средство>

<описание груза> ::= <название груза>, <тип груза>, <доступ к грузу>

Отметим, что приведенные формулы определяют объемы понятий, но не способ их ввода. Конкретная информация об услуге будет запрашиваться у клиента в ходе диалога, что автоматически исключает синтаксические ошибки. Поэтому вопросы синтаксического анализа здесь не актуальны.

Для решения вопросов семантического контроля и семантических вычислений в теории языков программирования используется конструкция «атрибутная грамматика» [5]. Для каждого метасимвола БНФ (нетерминального символа соответствующей КС-грамматики) назначаются атрибуты – переменные, имеющие различный тип («целое число», «логическое», «строка символов», «база данных» и др.). Каждой формуле БНФ (правилу соответствующей КС-грамматики) приписываются семантические формулы вычисления значений атрибутов.

Семантические вычисления связаны с разработкой логистической схемы оказания услуги, с планированием маршрута движения и всех вспомогательных операций. Для описания этого процесса необходимо построить функциональный базис простейших услуг (внешних и внутренних), из которых будут конструироваться все возможные услуги. Простейшими элементами логистической схемы грузоперевозок могут служить операции:

- затаривания — растаривания — перетаривания;
- погрузки — выгрузки — перегрузки;

- перемещения одним из видов транспорта;
- запланированное ожидание на площадках временного хранения;
- хранение на складе.

Дальнейшая детализация классификации услуг связана с многообразием технологий реализации соответствующих операций и применяемых технических средств. Например, возникновение новой технологии автоматически приводит к возникновению новой услуги.

На сайте ОАО «РЖД» услуги по разработке логистических схем описаны в разделе, озаглавленном «Транспортно-логистические услуги». Выбор наиболее подходящей схемы из множества имеющихся схем может осуществляться с помощью поисковой системы, которая на основе информации от клиента предлагает список подходящих схем перевозки.

Разработка новой схемы включает разработку схем:

- передвижения (маршрут, пункты перегрузки, мультимодальность);
- отправки (повагонная, поезд, несколько поездов, регулярная);
- погрузки и выгрузки, перегрузки, перетаривания, упаковки;
- выбора и предоставления подвижного состава;
- выбора и предоставления средств других видов транспорта.

Клиентом ОАО «РЖД» может также быть оператор вагонного парка. В этом случае ему требуются услуги, связанные с операциями с вагонами, которые могут включать:

- маневровые работы с порожними и груженными вагонами;
- погрузка — выгрузка вагонов;
- перемещение груженых и порожних вагонов по сети общего пользования;
- отстой вагонов;
- ремонт повреждений и поломок вагонов по пути следования.

В этом случае должна быть разработана логистическая схема, связанная с вагонами, и включающая оказание перечисленных услуг.

Информация, описывающая перевод с языка клиента на язык логистических схем, может храниться в специальных базах данных по предприятиям, транспортным узлам, станциям и грузам, которые должны содержать ссылки на отдельные разделы единого каталога оказываемых транспортных услуг. Формат баз данных зададим посредством регуляризованных формул:

*база\_данных* → {*предприятие*}, {*железнодорожный\_узел*}, {*транспортный\_узел*}, {*описание\_груза*}

*предприятие* → *название*, *услуги\_погрузки*, *услуги\_выгрузки*, *услуги\_хранения*, *точки\_расположения\_груза*, *местоположение\_на\_транспортной\_сети*, *потребляемая\_продукция*, *выпускаемая\_продукция*

*железнодорожный\_узел* → *название*, *местоположение\_на\_железнодорожной\_сети*, *услуги\_погрузки*, *услуги\_выгрузки*, *предоставление\_площадки*, *услуги\_хранения*, *точки\_расположения\_груза*

*транспортный\_узел* → *название*, *местоположение\_на\_транспортной\_сети*, *услуги\_погрузки*, *услуги\_выгрузки*, *предоставление\_площадки*, *услуги\_хранения*, *точки\_расположения\_груза*

*описание\_груза* → *название\_груза*, *варианты\_транспортировки*, *варианты\_погрузки*, *варианты\_выгрузки*

Разработка логистической схемы движения груза или других физических операций сопровождается разработкой схемы документального и информационного сопровождения этих операций. Документальное сопровождение включает подготовку транспортной документации, путевых листов и других документов на все предусмотренные схемой операции. Информационное сопровождение предполагает диспетчерский контроль перемещения вагонов, контейнеров, грузов, и предоставление клиентам соответствующей информации.

После разработки логистической схемы (плана перевозки) начинается ее реализация. При этом каждая сторона имеет свои права и обязанности. При возможных вынужденных отклонениях в выполнении сторонами своих обязательств, могут оказываться следующие услуги:

- дополнительная или повторная услуга, оказываемая в дополнение или взамен невыполненной ранее по вине клиента услуги;
- дополнительные гарантии качественного выполнения договорных обязательств.

Для планирования последовательности вычислений в теории программирования используются механизмы предусловий и постусловий [6]. Можно использовать этот аппарат, введя переменную *состояние\_перевозки*, которая может характеризоваться набором значений таких параметров, как: *местоположение\_груза*, *потраченное\_время*, *сохранность\_груза*, *влияние\_на\_окружающую\_среду* и т.д. Начальное и желательное конечное состояние перевозки определяется из запроса клиента:

Для описания и обработки состояний применяется аппарат логики предикатов. Этот метод используется также для доказательства правильности уже написанных программ. Учитывая сказанное, метод может быть полезен и на ранних стадиях автоматизации для ускорения процесса и контроля планов, составленных обычными методами.

#### *Список литературы*

1. Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза // СПб: ИПТ РАН. 2016. 216 с.
2. Цыганов В.В., Бородин В.А., Савушкин С.А. Адаптивное управление транспортной компанией на основе клиентоориентированности // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. Москва. ООО «Институт новых информационных технологий». 2017. № 3 (3). С. 3-10.
3. Савушкин С.А. Организация каталога услуг транспортной компании // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2016. Том 1. С. 111-115.
4. Ахо А., Ульман Дж. Теоретические основы синтаксического анализа, перевода и компиляции. Москва. Мир. 1978. 220 с.
5. Семантика языков программирования. Сб. статей. Под ред. В. М Курочкина. Москва. Мир. 1980. 310 с.
6. Дейкстра Э. Дисциплина программирования. Пер. с англ. И.Х. Зусман, В.В. Мартынюка, Л.В. Ухова. Под ред. Э.З. Любимского. Москва. Мир. 1978. 278 с.

*УДК 656.02, 339.168.6*

### **О ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ СТОИМОСТИ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ПЕРЕВОЗКИ**

*Целикова Татьяна Владимировна – ОАО «Российские железные дороги»,  
ctv1@mail.ru*

*Трудов Олег Геннадьевич – ОАО «Российские железные дороги», joss@mail.ru*

*Аннотация. Рассматриваются вопросы эффективности мультимодальных перевозок. Анализируется сравнительная оценка транспортных расходов в зависимости от видов перевозок. Представлена структура затрат мультимодальной перевозки. Предложен подход к формированию структуры стоимости мультимодальной перевозки.*

*Ключевые слова: транспорт, логистика перевозок, стоимость перевозок, мультимодальная перевозка, формирование стоимости перевозки.*

### **ABOUT THE FORMATION OF THE STRUCTURE OF THE COST OF MULTIMODAL TRANSPORTATION**

*Tselikova Tat'yana Vl. – JSC «Russian Railways»*

*Abstract.* The problems of multimodal transportation efficiency are investigated. The comparative estimation of transport expenses depending on the types of transportation is analyzed. The structure of multimodal transportation costs is presented. An approach to the formation of the cost structure of multimodal transportation is proposed.

*Keywords:* transport, transport logistics, cost of transportation, multimodal transport, formation of the transportation cost.

Мультимодальная перевозка – это система доставки груза несколькими видами транспорта по единому перевозочному документу с его перегрузкой в пунктах перевалки с одного вида транспорта на другой без участия грузовладельца [1]. Как правило, большая часть маршрута мультимодальной перевозки осуществляется железнодорожным, внутренним водным или морским транспортом [2]. Поскольку широко распространено мнение, что «внедорожные» виды транспортировки менее энергоемкие, чем дорожные перевозки [3], переход от автомобильного транспорта к мультимодальному может сделать грузовые перевозки более энергоэффективными. В виду постоянно растущих объемов грузовых перевозок и увеличения перегруженности дорог мультимодальные перевозки были поставлены на повестку дня государственными и частными структурами в транспортной отрасли [4]. Идея мультимодальных перевозок заключается в использовании сильных сторон различных видов транспорта в одной интегрированной транспортной цепочке [5], тем самым улучшая экономические показатели [6,7].

Одна из целей транспортной стратегии России [7] в условиях глобализации [8] заключается в построении единой эффективной устойчивой транспортной системы. Внедрение мультимодальных технологий перевозки грузов и пассажиров в практику Российской логистической деятельности является ключевым фактором способствующим развитию промышленности [9] путем снижения затрат на транспортировку. Сравнительная оценка транспортных расходов в зависимости от видов транспорта предоставляет экономистам инструменты для определения экономически эффективного диапазона операций по перевозке людей и грузов различными способами с целью эффективного распределения инвестиций, направленных на достижение оптимального сочетания мультимодальных перевозок для комплексного развития транспортного сектора [10]. Для достижения этой оценки затраты должны быть достаточно всеобъемлющими, чтобы включать не только расходы, связанные с модальными операциями, но и другие расходы, связанные с грузовым и пассажирским транспортом. Соответственно, модальные транспортные издержки имеют два компонента: расходы, понесенные оператором или поставщиком услуг, и расходы, понесенные пользователем, то есть грузоотправителем/получателем товаров для перевозки грузов и пассажиров в случае пассажирских перевозок. Стоимость оператора включает эксплуатационные затраты, затраты на ремонт и техническое обслуживание инфраструктуры и подвижного состава, накладные расходы, затраты на амортизацию и инвестиции на развитие.

Структура затрат пользователя зависит от вида перевозки. Затраты пользователя, в случае транспортировки груза по железной дороге, связаны с упаковкой товаров, перевозкой автомобильным транспортом (местный транзит) от грузоотправителя до погрузочного терминала по месту назначения и от разгрузочного терминала до места назначения грузополучателя в пункте назначения, обработкой товаров с обоих концов, транзитными потерями, потерями, связанными с железнодорожными подъездными путями и затратами по содержанию товарно-материальных запасов при транзитных перевозках.

Виды стоимости аналогичны в случае Каботажного судоходства и авиaperевозок за исключением того, что стоимость потерь на подъездных путях исключается. Сумма двух стоимостных компонентов, т.е. стоимость оператора и пользователя отражает общую стоимость перевозки товаров или пассажиров в зависимости от определенного вида транспорта и расстояния. Согласно [11] принято учитывать расходы с точки зрения финансовых, экономических или ресурсных затрат. Финансовые расходы включают общие расходы, фактически



понесенные оператором или пользователем, включая налоги, пошлины и другие элементы, отражающие несовершенства рынка.

В процессе перевозки людей и товаров задействуются различные виды транспорта. Следовательно оцениваемые затраты должны быть сопоставимы между ними, поэтому необходима общая база для оценки стоимости услуг перевозки различными видами транспорта. Разработанная с учетом [4,6,11,12] блок-схема на рис. 1 представляет собой общую платформу для оценки стоимости перевозки с учетом различных видов транспорта.

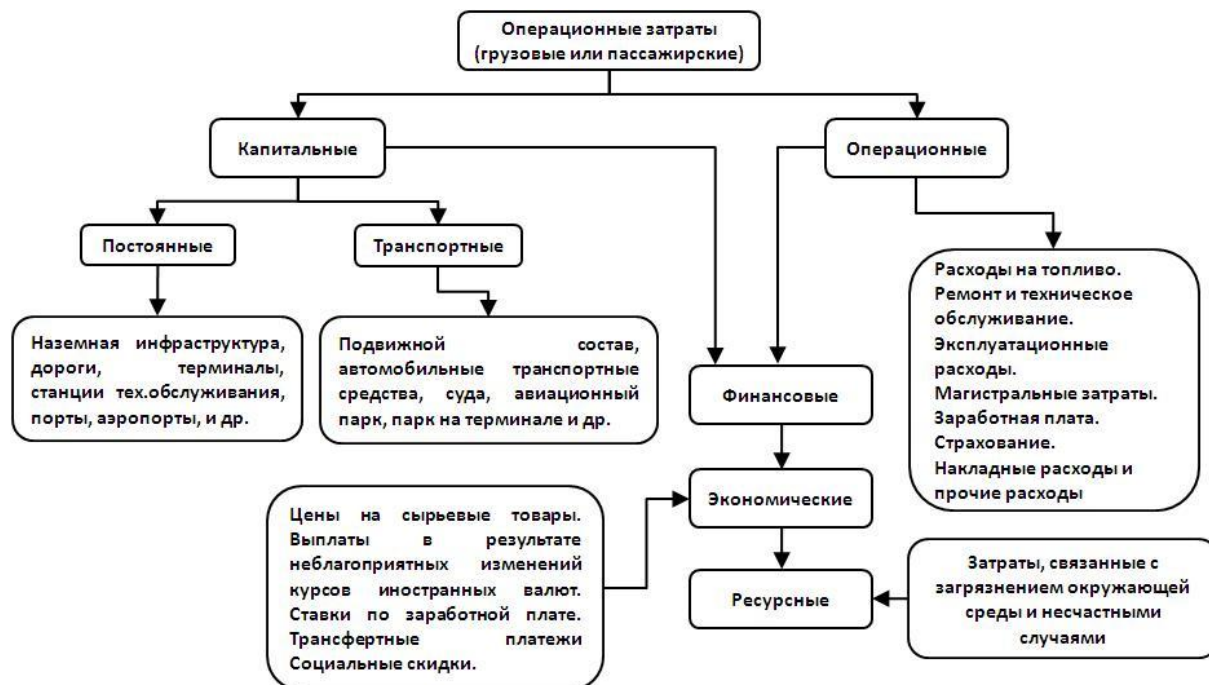


Рисунок 1 – Формирование структуры стоимости мультимодальной перевозки

Оперативные издержки и капитальные затраты оцениваются по каждому из видов транспорта. Элементы финансовых затрат преобразуются в экономическую стоимость. К экономическим издержкам были добавлены экологические и аварийные издержки для оценки затрат на ресурсы.

Разработанная структурная схема позволяет упорядочить процесс формирования стоимости мультимодальной перевозки и повысить эффективность работы транспортно-экономических отделов логистических операторов.

#### Список литературы

1. Terminology on Combined Transport. United Nations (UN) & Economic Commission for Europe (ECE), New York and Geneva. 2001.
2. Macharis C. & Bontekoning Y. M. Opportunities for OR in intermodal freight transport research: A review. European Journal of Operational Research. 153 (2). 2004. 400-416pp.
3. Liedtke G.T. Estimation of the benefits for shippers from a multimodal transport network. Logist. Res. (2012) 4: 113. <https://doi.org/10.1007/s12159-012-0073-1>.
4. Bontekoning Y.M. & Priemus H. Breakthrough innovations in intermodal freight transport. Transportation Planning and Technology. № 27 (5). PP. 335-345. 2004.
5. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. О логико-алгебраическом представлении транспортно-логистического процесса // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2014. Т. 4. № 200. С.57-68.
6. Rodrigue J.-P., Comtois C. & Slack B. The geography of transport systems. Routledge, London. 2009.

7. Малыгин И.Г., Асаул А.Н., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ // Информация и космос. 2016. № 3. С. 8-17.

8. European Commission. A sustainable future for transport: Towards an integrated, technology-led and user-friendly system. Luxembourg. 2009.

9. Трудов О.Г., Саакян Ю.З., Григорьев А.В., Порохова Н.В., Рудаков Е.Н., Польшгалов А.С. Россия в условиях глобальной конкуренции: от антикризисных мер к промышленной политике. М.: ИПЕМ. 2012. 132 с.

10. Трудов О.Г., Порохова Н.В. Новые индикаторы развития промышленности // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2010. № 1 (9). С. 16-19.

11. Tsamboulas D., Vrenken H. & Lekka A.-M. Assessment of a transport policy potential for intermodal mode shift on a European scale. Transportation Research Part A: Policy and Practice. № 41(8). 2007. 715-733.

10. Total transport system study on traffic flows and modal costs (highways, railways, airways, and coastal shipping). RITESLtd. 2012.

УДК 334.02

## **ЭКОНОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕГЛАМЕНТА ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ**

*Зенина Надежда Николаевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и управление персоналом организации*

*Российский университет транспорта (МИИТ)*

*127994, Россия, Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 2, znn1@yandex.ru*

*Аннотация.* Рассматривается роль регламентов в управлении ОАО «РЖД». Регламент рассматривается как экономический формальный институт. С позиций институционального подхода построена эконометрическая модель оценки качества регламента, которая включает пять факторов. Весовые коэффициенты факторов определяются экспертным методом. Приводится методика факторного анализа качества регламентов компании.

*Ключевые слова:* реформа, ОАО «РЖД», регламент, эконометрическая модель, экспертные методы, факторный анализ, структура института.

## **ECONOMETRIC MODEL REGULATION OF THE TRANSPORT COMPANY**

*Zenina Nadezhda N. – Ph.D., assistant professor of «Management and organization human resource management» department, Russian transport University (MIIT)*

*Obrazsova str., 9-2, Moscow, 127994, Russian Federation, znn1@yandex.ru.ru*

*Abstract.* The article discusses the role of regulations in the management of JSC "RZD". Regulation is seen as a formal economic institution. From the standpoint of the institutional approach built econometric model for assessing the quality of the rules, which includes five factors. The weighting factors are determined by the expert method. The technique of factor analysis of the quality of regulations of the company.

*Keywords:* reform, JSC Russian Railways, regulation, econometric model, expert methods, factor analysis, structure of the Institute.

Железнодорожная отрасль России с 2001 года находится в состоянии реформирования. Бланчад О. и Кремер М. в своей работе «Дезорганизация» отметили, что всякая транс-

формация, особенно широкомасштабная, приводит в той или иной мере к дезорганизации системы, усугубляющей издержки адаптации [1].

Для снижения уровня вариативности, а, следовательно, и дезорганизации, ключевую роль имеет качество регламентов деятельности на всех уровнях управления компанией. Под регламентом мы понимаем документ, в котором зафиксированы наиболее рациональные методы реализации деятельности в организации в процессе достижения организационных целей. В этом контексте, оценка качества регламента приобретает ключевое значение для определения эффективности управления компании. Мы будем рассматривать регламент как формальный институт. Институт имеет определенную структуру. В [2] приводятся следующие элементы структуры института:

- ситуация, определяющая условия, в которых действует правило;
- адресат, т.е. индивид, к которому относится правило;
- действие, или содержание правила, предписываемое, запрещающее или разрешающее;
- санкции за неисполнение правила адресатом;
- гарант правила, или субъект, применяющий санкции к нарушителю правила.

Поскольку качество института зависит от влияния всех элементов, представим его, как функцию:

$$R = f ( Y; I; A; S; G ), \quad (1)$$

где:  $R$  – качество института (в нашем случае, регламента),  $Y$  – переменная влияния характеристики ситуации,  $I$  – переменная влияния характеристики адресата,  $A$  – переменная влияния характеристики правила,  $S$  – переменная влияния характеристики механизма санкций,  $G$  – переменная влияния характеристики предписанных действий гаранту санкций.

Предполагая, что рассматриваемая функция имеет линейную зависимость от выбранных переменных, ее можно представить в следующем виде:

$$R = \alpha_1 Y + \alpha_2 I + \alpha_3 A + \alpha_4 S + \alpha_5 G, \text{ где } \alpha_i - \text{ вес влияния фактора.} \quad (2)$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 = 1. \quad (3)$$

Таким образом, мы построили эконометрическую модель, позволяющую оценить качество регламента через качество составляющих его элементов. Для определения весов факторов используется экспертный метод. Рассмотрим использование данной модели для оценки регламентов по управлению персоналом Московской железной дороги.

В ходе реформирования холдинга, функции Московской железной дороги, как и других РЦКУ, в общей системе управления поменялись радикально. Это нашло отражение в пересмотре всей системы регламентов. Так, регламенты по управлению персоналом вступили в силу в 2014 году. В соответствии с процессной моделью управления персоналом в ОАО «РЖД», на каждый из девяти бизнес-процессов разработаны регламенты и схемы взаимодействия.

Для апробации разработанной эконометрической модели оценки регламента, мы выбрали один из регламентов: Регламент взаимодействия по процессу №2 «Обеспечение персоналом» [3]. Порядок выполнения процесса «Обеспечение персоналом», изложенный в настоящем Регламенте, является обязательным для исполнения всеми участниками процесса во всех филиалах и структурных подразделениях ОАО «РЖД». Для оценки регламента на уровне РЦКУ Московская железная дорога мы сделали выборку функций, которые закреплены именно за ней. Оценка качества регламентов на основе экспертного метода осуществляется в несколько этапов:

1. Формирование экспертных групп. В состав экспертной группы мы включили работников службы управления персоналом Московской железной дороги (9 человек) и руко-

водителей структурных подразделений управления персоналом линейных предприятий полигона Московской железной дороги (15 человек).

2. Формирование вопросов и составление анкет. Анкетирование осуществлялось в два этапа. На первом этапе оценивалась степень выполнения регламента. Высокая степень выполнения регламента оценивалась в диапазоне от 80 до 100%; средняя - от 50 до 80%; низкая - от 30 до 50%; регламент не выполняется - ниже 30%. В таблице 1 представлен состав функций регламента «Обеспечение персоналом» для Московской железной дороги и экспертные оценки по их выполнению.

Таблица 1 – Градация оценки характеристики правила в регламенте

Границы интервала	Характеристика правила
$x \leq 4$	Правило оценивается как неэффективное и не наблюдается предпосылок к его улучшению
$4 \leq x \leq 8$	Правило оценивается как неэффективное, оно препятствует реализации основных бизнес- процессов одной из сторон
$8 \leq x \leq 12$	Правило оценивается как недостаточно эффективное
$12 \leq x \leq 16$	Правило оценивается как эффективное, обеспечивает взаимодействие сторон
$16 < x$	Правило оценивается как эффективное, имеются предпосылки для его развития

Из 34 функций, которые должны выполняться на уровне Московской железной дороги выполняется только 11, таким образом, по составу функций регламент выполняется только на 34%. По шкале, приведенной выше, это соответствует низкой степени выполнения регламента. Обращает на себя внимание расхождение оценок респондентов по целому ряду функций. Руководители структурных подразделений управления персоналом линейных предприятий отметили участие Московской железной дороги в выполнении только четырех функций по обеспечению персоналом. Таким образом, по показателю взвешенной оценки степень выполнения регламента составляет 16,4%, что соответствует степени выполнения регламента «не выполняется». На втором этапе целью анкетирования являлось определение степени влияния каждого из пяти факторов, включенных в эконометрическую модель формального института (2) на качество регламента. Анализ структуры института позволяет выявить точки «блокировки» и разработать направления совершенствования института.

3. Обработка экспертных оценок. Для повышения надежности экспертных оценок использовались методы статистического анализа данных [4].

Для анализа выборки использовались показатели средних взвешенных оценок, среднего квадратичного отклонения, дисперсии, коэффициента вариации.

Значение коэффициента вариации по всем пяти факторам оказалось меньше 0,4 (от 0,132 до 0,267), что свидетельствует об адекватности проведенного выборочного исследования. Согласно полученным значениям можно сделать вывод, что мнения экспертов почти не расходятся в отношении достаточно сильного влияния на качество института описания правил, а также выбора адресата, в то же время по вопросу влияния санкций эксперты менее близки во мнениях. Но, несмотря на это, изученная совокупность считается однородной, поскольку значение коэффициента не превышает 0,4. Далее, используя формулу (2), рассчитываем среднюю взвешенную по каждому показателю. В результате проведенного анализа экспертных данных была сформирована функция, характеризующая качество института.

$$R = 0,243 Y + 0,214 I + 0,291 A + 0,128 S + 0,124 G . \quad (4)$$

Как следует из модели, регламент неудовлетворителен в описании ситуации, определении адресата и формулировке правил взаимодействия.

Представленная функция (4) является функцией пяти переменных, каждая из которых также может быть представлена в виде функции.

Рассмотрим одну из анализируемых составляющих, начиная с доминирующей, по мнению экспертов – характеристики правила института.

Для определения значений качества института используем балльный метод, т. е. эксперту предлагается ответить на ряд вопросов, целью которых является характеристика правила. В данном исследовании экспертам был предложен опросник, включающий 20 вопросов. Эксперт оценивал указанные факторы (за каждый утвердительный ответ – 1 балл, за отрицательный – 0 баллов) затем полученные данные суммируются, в результате определяем интегральный показатель качества правила в институте. Минимальное значение обобщенного показателя, учитывающего влияние на институт предприятия, составляет 0, а максимальное – 20 (по количеству вопросов).

Формализация информации предполагает построение интервальной шкалы оценок, поскольку сами оценки относятся к классу непрерывных величин и могут принимать любые числовые значения в некотором интервале. В результате полученные данные были упорядочены в виде интервальных вариационных рядов. При этом многосложная совокупность оценок распределилась по однородным группам.

Наиболее распространенным методом определения оптимального количества групп ( $n$ ) является использование формулы Стерджесса [5]:

$$n = 1 + 3,322 \lg N, \text{ где } N - \text{ число единиц совокупности.} \quad (5)$$

Исходя из расчета (6), число групп для рассматриваемой совокупности равно 5:

$$n = 1 + 3,322 \lg 20 = 5. \quad (6)$$

Поскольку вариация признака проявляется в сравнительно узких границах и распределение носит равномерный характер, можно построить группировку равными интервалами. Величина равного интервала определяется по формуле:

$$k = \frac{K}{n}, \text{ где } K - \text{ размах вариации } (K = X_{\max} - X_{\min}) \quad (7)$$

Для рассматриваемой группировки:

$$k = \frac{20-0}{5} = 4. \quad (8)$$

Суммируя данную величину с элементами формируемого ряда, получаем 5 групп однородных оценок. Градация оценки характеристик правила в регламенте, представлена в таблице 1.

В первый интервал включаются правила, которые не охватывают все аспекты взаимодействия сторон. При этом отсутствуют способы обеспечения действенности ограничений. В такой ситуации регламент фактически не работает, он обрастает неформальными институтами, призванными обеспечить реализацию процессов исходя из текущих условий и возможностей. Во втором интервале оказываются правила, которые сконструированы с «блокировками», нарушающими интересы одной из сторон. Один из случаев блокировки бизнес-процессов локомотивного депо мы уже рассматривали [6]. В третий интервал попадают правила, которые требуют актуализации. В нашем исследовании именно в эту группу попали характеристики регламента «Обеспечение персоналом». Несмотря на то, что регламент принят в 2014 году, он не соответствует деловой практике управления персоналом в холдинге и, поэтому, не выполняется исполнителями. Четвертый и пятый интервал включают эффективные правила.

Предложенная методика оценки регламента, как формального экономического института, позволяет выявлять доминирующие факторы в структуре института, анализировать их при помощи факторного анализа, выявлять блокировки и дорабатывать институты в целях формирования эффективной институциональной среды в компании.

### Список литературы

1. Blanchard O., Kremer M. Disorganisation. Pre-print, MIT and NBER, October 1996.
2. Институциональная экономика: Новая институциональная экономическая теория / Под ред. Аузана А.А. 2-е изд. М.: Инфра-М. 2011. 447 с.
3. Регламент взаимодействия по процессу № 2 «Обеспечение персоналом». Распоряжение ОАО «РЖД» от 17 июня 2014 г. 86 с.
4. Байрамов В.Д., Куликов Е.М., Кубякин Е.О., Райдугин Д.С. Методология и методы социологического исследования / Под общей редакцией д.с.н., профессора Байрамова В.Д. М.: МГГЭУ. 2016. 250 с.
5. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики. М.: Финансы и статистика. 2004. 656 с.
6. Зенина Н.Н., Зенин Р.Е. Методика разработки карт потока создания ценности в бизнес-процессах ОАО «РЖД» // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. СПб.: ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2016. Том 2. С. 88-92.

УДК 629.113.585

## АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АПРОБАЦИИ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

*Ляхов Сергей Владимирович* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технической эксплуатации транспортных средств

*Михайлов Валерий Валерианович* – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела стратегических исследований транспортной деятельности Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника» 220005, Республика Беларусь, Минск, ул. Платонова, д. 22, [teh@niit.by](mailto:teh@niit.by), [st@niit.by](mailto:st@niit.by)

*Снитков Алексей Геннадьевич* – магистр, ведущий инженер-конструктор ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга» 220013, Республика Беларусь, Минск, ул. П. Бровки, д. 8

*Аннотация.* Аппаратно-программный комплекс позволяет на ранних стадиях разработки гибридных силовых установок беспилотного автомобиля провести оценку минимальных и достаточных требований к структуре и алгоритмам совместного управления системы ГСУ и системы управления движением беспилотного автомобиля, оценить корректность обмена данными между системами, действия самодиагностики систем на принятие решений по локализации последствий возможных возникающих неисправностей.

*Ключевые слова:* гибридная силовая установка, управление, беспилотный автомобиль, программно-аппаратный комплекс, алгоритм.

## HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR APPROVAL OF THE CONTROL ALGORITHM FOR THE HYBRID POWER INSTALLATION OF THE UNBEILED VEHICLE

*Lyakhov Strgey, Mikhailau Valerii* – Belarusian Research Institute of Transport «Transtekhnika»

*Platonova str., 22, Minsk, 220005, Republic of Belarus, [teh@niit.by](mailto:teh@niit.by), [st@niit.by](mailto:st@niit.by)*

*Snitkov Aleksey* – JSC «Amkodor»,

*Brovka str., 8, Minsk, 220013, Republic of Belarus*

*Abstract. The hardware and software complex allows to assess the minimum and sufficient requirements for the structure and algorithms of joint control of the GPS system and the control system of the unmanned vehicle in the early stages of development of hybrid power units of an unmanned vehicle, to evaluate the correctness of data exchange between systems, the self-solutions for localizing the consequences of possible arising malfunctions.*

*Keywords: hybrid power plant, control, unmanned vehicle, software and hardware complex, algorithm.*

Гибридные силовые установки (ГСУ) по последовательной схеме наиболее предпочтительны для автомобилей с беспилотным управлением, поскольку значительно упрощается управление силовой установкой и трансмиссией (по сравнению с двигателем внутреннего сгорания и механической коробкой передач). Каждый элемент ГСУ не управляется по отдельности, а связан единым алгоритмом управления, оптимизированным под общую работу ГСУ. Автомобили с ГСУ имеют значительно меньшую емкость электрической батареи, чем у электромобилей, что требует обеспечения рационального режима движения при беспилотном управлении. Исходя из этого, необходима адаптация алгоритмов управления ГСУ под алгоритм управления движением беспилотного автомобиля и на оборот. Применение стендовых методов исследований ГСУ обычно затруднено, поскольку для автомобилей с ГСУ требуется перераспределение больших энергий между ее элементами. Натурные методы требуют больших финансовых затрат и времени. Поэтому на начальных этапах разработки алгоритмов управления ГСУ и управления движением беспилотного автомобиля они не целесообразны. Методы математического моделирования не позволяют в полном объеме отрабатывать и оценивать функционирование элементов электронных систем, информационных каналов передачи данных, диагностики в режиме реального времени. Эффективным представляется применение аппаратно-программных комплексов (так называемых НИЛ-технологий).

В данной работе рассматривается опыт разработки аппаратно-программного комплекса для разработки и адаптации алгоритмов управления ГСУ и алгоритмов управления движением беспилотного автомобиля.

Назначение и состав комплекса. Комплекс предназначен для:

- разработки рациональных схем и конфигураций гибридных силовых установок, электромеханических трансмиссий различных типов для беспилотных автомобилей;
- исследования прототипов элементов систем управления ГСУ;
- выбора оптимальных режимов движения беспилотного автомобиля с ГСУ для разработки алгоритмов управления.

На рис. 1 показан внешний вид комплекса.

Комплекс включает следующие физические имитаторы:

- имитатор блока управления ГСУ. Представляет программируемый многоходовой электронный блок для систем управления автомобилем;
- имитатор теплового двигателя (дизель) служит для оценки эффективности расхода топлива и работы двигателя на заданных участках скоростных характеристик, используемых для работы в составе ГСУ. Обороты двигателя задаются генератором импульсов;
- имитатор генератора тока ГСУ включает индуктивную нагрузку, которая коммутируется имитатором блока управления ГСУ. Получаемые значения тока и напряжения передаются компьютеру. Далее они масштабируются и используются для проведения компьютерного моделирования работы дизель-генераторной установки;
- имитатор накопителя электрической энергии (суперконденсаторы, литий-ионные аккумуляторы, либо их сочетание) служит для оценки режима заряда-разряда накопителя, баланса мощности. Имитатор включает индуктивную нагрузку и датчик температуры. Индуктивная нагрузка коммутируется имитатором блока управления ГСУ, а получаемые значения тока и напряжения передаются компьютеру. Значения масштабируются и используются для проведения моделирования работы накопителя. Путем нагрева индуктивной нагрузки имитируется перегрев накопителя;
- имитатор тягового электродвигателя включает индуктивную нагрузку, датчик тем-

пературы, статор датчика скорости вращения электродвигателя, имитационный двигатель с ротором датчика частоты вращения;

– имитатор дополнительных потребителей энергии служит для оценки потребления электрической энергии вспомогательного оборудования (например, электродвигателей систем охлаждения). Блок индикации и информационного обмена по шине CAN служит для организации информационного обмена между блоком управления ГСУ и блоком управления двигателем внутреннего сгорания, инвертором, блоками других систем управления, монитором вывода параметров;

– имитатор пневматической (пнеumoгидравлической) подвески служит для формирования данных о массе автомобиля.

#### Программная часть комплекса

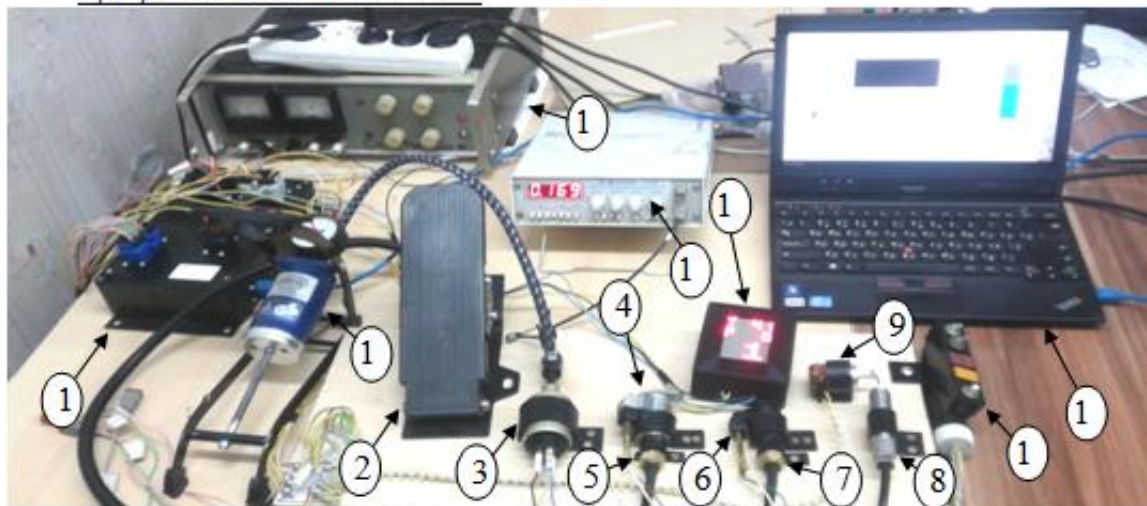


Рисунок 1 – Элементы аппаратно-программного комплекса (минимальная конфигурация): 1 – имитатор электронного блока управления ГСУ; 2 – педаль; 3 – датчик давления определения массы автомобиля; 4 – индуктивная нагрузка имитатора накопителя энергии; 5 – датчик температуры имитатора накопителя энергии; 6 – индуктивная нагрузка имитатора тягового электродвигателя; 7 – датчик температуры имитатора электродвигателя; 8 – статор датчика скорости вращения имитатора тягового электродвигателя; 9 – электродвигатель имитатора тягового электродвигателя; 10 – пульт индикации и переключателей режимов; 11 – блок индикации и информационного обмена по шине CAN; 12 – генератор сигналов; 13 – пневмоцилиндр имитатора подвески автомобиля; 14 – компьютер; 15 – источник питания

Персональный компьютер получает информацию по показаниям датчиков от имитатора блока управления ГСУ и по заложенной математической модели автомобиля рассчитывает моменты на колесах, которые используются для моделирования разгона-торможения автомобиля. Одновременно, имитатор блока управления ГСУ получает информацию от компьютера о значении рассчитанных скоростей колеса автомобиля, управляет электродвигателем имитатора тягового электродвигателя.

Программная часть комплекса включает: программу работы имитатора электронного блока ГСУ, разработанную в среде CoDeSys и программу в пакете LabVIEW для проведения моделирования и вывода информации компьютером в режиме реального времени. Программное обеспечение имитатора блока управления ГСУ разделено на две части: управление аппаратной частью и обработка данных в соответствии с математической моделью ГСУ и беспилотного автомобиля. Это позволяет проводить быструю адаптацию аппаратно-программного комплекса под решаемую задачу. Например, перейти с модели городского автобуса на модель карьерного самосвала. Проведение компьютерного моделирования движения автомобиля и работы ГСУ осуществляется по алгоритму аналогичному для натуральных ис-



следований. Во время проведения моделирования осуществляется вывод информации на экран монитора компьютера и запись ее на жесткий диск. На рис. 2, а показан общий вид интерфейса мониторинга данных о работе гибридной силовой установки, скорости движения автомобиля, текущем профиле дороги и воздействии на органы управления, а также диагностической информации и расходе топлива. На рис. 2, б показаны выводимые графики с параметрами работы ГСУ и движения автомобиля.

Используемая математическая модель автомобиля и ГСУ описаны в работах [1,2]. В математической модели гибридной силовой установки используется два типа накопителей: суперконденсаторы и литий-ионные аккумуляторы. Алгоритм беспилотного управления строится по принципу «виртуального водителя», когда имитируется управление человеком по определенной скоростной диаграмме движения. Циклограмма движения автомобиля имеет следующие режимы: разгон, поддержание скорости (круиз контроль), движение накатом, рекуперативное торможение, торможение рабочей тормозной системой.

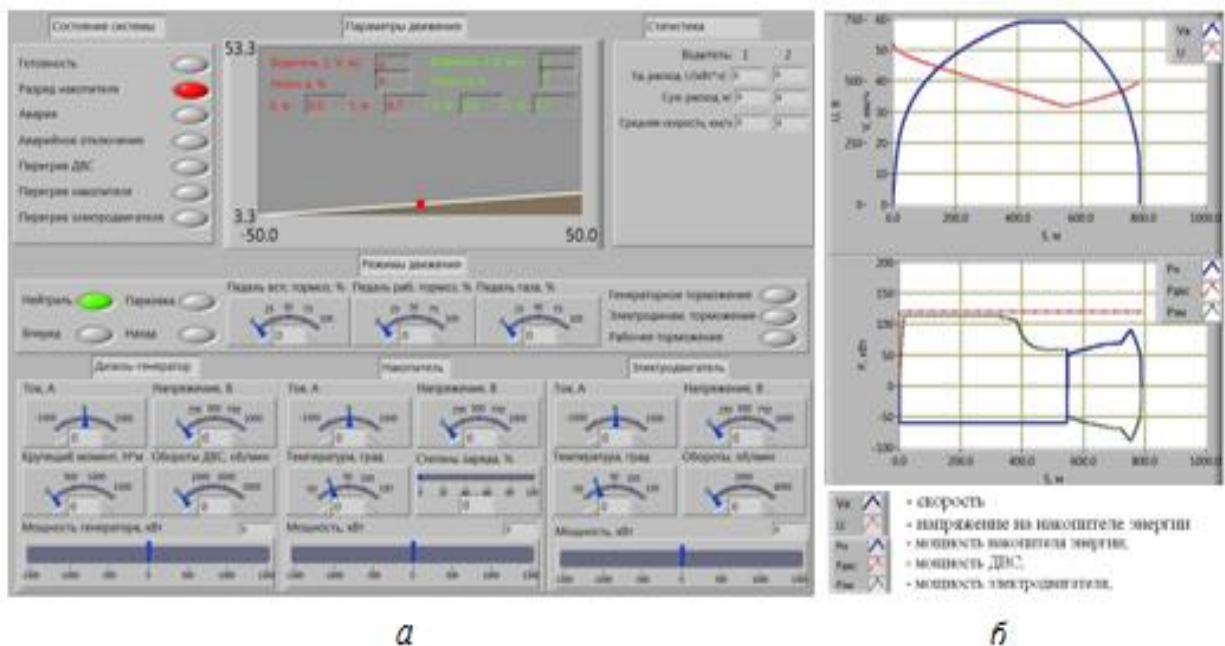


Рисунок 2 – Интерфейсы вывода параметров на экран компьютера:  
 а – текущие параметры работы ГСУ и движения автомобиля;  
 б – вывод графической информации

Значение электрической мощности электродвигателя в тяговом режиме и режиме рекуперации, рассчитывается:

$$P_{ei} = M_{ei} \cdot \omega_{ei} / (\eta_e \cdot \eta_n) ; P_{ei} = M_{ei} \cdot \eta_e \cdot \eta_n \cdot \omega_{ei} , \quad (1)$$

где  $M_{ei}$  – текущее значение момента на вале электродвигателя;  $\eta_n$  – КПД инвертора;  $\eta_e$  – КПД электродвигателя;  $\omega_{ei}$  – текущее значение угловой частоты вращения вала;  $\alpha$  – степень нажатия на педаль газа.

Текущее значение момента на вале тягового электродвигателя определяется исходя из закона управления моментом в каждом режиме движения.

В режиме разгона:

$$M_{ei} = M_t(\omega_{ei}) G_i / G_{\max} \cdot \alpha_i / \alpha_{\text{nom}} \cdot k_1 \cdot n_{pi} V_i \leq V_{\text{opt}} \cdot l_0 / l_{sr} \cdot k_2 , \quad (2)$$

где  $M_t(\omega_{ei})$  – аппроксимация момента электродвигателя от частоты вращения вала в тяговом режиме;  $G_i$  – текущая масса автомобиля;  $G_{\max}$  – максимальная масса;  $\alpha_i$  – текущее положение педали газа;  $\alpha_{\text{ном}}$  – номинальное положение педали газа;  $k_1$  – коэффициент для конкретной марки автобуса;  $V_i$  – текущая скорость автобуса;  $V_{\text{opt}}$  – оптимальная максимальная скорость (расчетная);  $l_0$  – расстояние между остановками;  $l_{\text{sr}}$  – среднее расстояние между остановками по маршруту;  $k_2$  – коэффициент для конкретной марки автомобиля;

В режиме поддержания постоянной максимальной скорости:

$$M_{ei} = M_t(\omega_{ei}) \cdot G_i / G_{\max} \cdot \alpha_i / \alpha_{\text{ном}} \cdot k_1 \cdot k_3, \quad (3)$$

$$\text{при } V_i \geq V_{\text{opt}} \cdot l_0 / l_{\text{sr}} \cdot k_2 \text{ и } V_i \leq V_{\text{opt}} \cdot l_0 / l_{\text{sr}} \cdot k_2$$

где  $k_3$  – коэффициент для конкретной марки автомобиля.

В режиме движения накатом:

$$M_{ei} = 0 \cdot \text{при } s_i \geq l_0 \cdot k_4, \quad (4)$$

где  $s_i$  – пройденное расстояние;  $k_4$  – коэффициент для конкретной марки автомобиля.

В режиме рекуперации энергии:

$$M_{ei} = -M_r(\omega_{ei}) \cdot G_i / G_{\max} \cdot a_{\text{ном}} / a_i \cdot k_5 \cdot \text{при } s_i \geq l_0 \cdot k_6, \quad (5)$$

где  $M_r(\omega_{ei})$  – аппроксимация момента электродвигателя от частоты вращения вала в режиме рекуперации;  $a_{\text{ном}}$  – номинальное ускорение торможения в режиме рекуперации;  $a_i$  – текущее значение ускорения в режиме рекуперации;  $k_5, k_6$  – коэффициенты для конкретной марки автомобиля.

Условие начала включения рабочей тормозной системы:

$$s_i \geq l_0 \cdot k_7, \quad (6)$$

$k_7$  – коэффициенты для конкретной марки автомобиля.

**Вывод.** Предложен и реализован аппаратно-программный комплекс, позволяющий проводить разработку и адаптацию алгоритмов управления гибридных силовых установок, алгоритмов управления движением беспилотного автомобиля. Комплекс значительно снижает материальные затраты относительно натуральных методов исследований на ранних стадиях разработки алгоритмов управления и позволяет при смене программного обеспечения проводить разработку и доработку алгоритмов управления гидромеханическими трансмиссиями автомобилей, строительной и сельскохозяйственной техники, электромеханическими трансмиссиями электромобилей.

#### Список литературы

1. Ляхов С.В. Математическая модель и программное обеспечение для оценки систем контроля устойчивости грузовых автомобилей и автобусов / С.В. Ляхов // Механика машин, механизмов и материалов. Минск. 2012. № 4 (17). С. 24-28.
2. Михайлов В.В. Комплексная система отладки и диагностирования алгоритмов систем автоматического управления гидромеханическими трансмиссиями / В.В. Михайлов, А.Г. Снитков // Сборник научных трудов Актуальные вопросы машиноведения. Выпуск 1. Минск. 2012. С. 316-319.

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Машарский Захар Владимирович* – кандидат психологических наук, заведующий отделом исследований в области гражданской авиации

*Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника»  
220005, Республика Беларусь, Минск, ул. Платонова, д. 22. avia@niit.by*

*Аннотация.* Применение беспилотных летательных аппаратов в гражданском секторе Республики Беларусь в настоящее время находится в ожидании решения некоторых технических и организационных проблем, без чего невозможно их стабильное использование. В статье приводятся основные аспекты применения беспилотных летательных аппаратов в гражданской авиации, рассматривается комплекс информационных технологий используемых при их проектировании и производстве, анализируется нормативно-правовая база Республики Беларусь по использованию беспилотных летательных аппаратов.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, беспилотный авиационный комплекс, гражданская авиация, законодательство, системы видеонаблюдения, безопасность, область применения, спутниковая навигация.

## FEATURES OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN REPUBLIC BELARUS

*Macharski Zakhar* – Candidate of Psychological Sciences, Head of Department of research in the field of civil aviation, Belarusian research Institute of transport «Transtekhnika»  
*Platonava str., 22, Minsk, 220005, Republic of Belarus, avia@niit.by*

*Abstract.* The use of unmanned aerial vehicles in the civil sector of the Republic of Belarus is currently awaiting the decision of some technical and organizational problems, which is indispensable to their sustainable use. The article presents the main aspects of the use of unmanned aerial vehicles in civil aviation, deals with a set of information technologies used in their design and production, the author analyzes the normative-legal base of the Republic of Belarus on the use of unmanned aerial vehicles.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, unmanned aviation complex, civil aviation, legislation, surveillance system, security, application, satellite navigation.

Согласно Воздушному кодексу Республики Беларусь «беспилотный летательный аппарат – это воздушное судно, предназначенное для выполнения полета без экипажа на борту».

Стимулом к развитию беспилотной авиации во всем мире послужило успешное и широкое использование беспилотных летательных аппаратов (БЛА) армиями США и Израиля в ходе военных операций (Персидский залив, Югославия, Ближний Восток, арабо-израильские войны). При этом БЛА зарекомендовали себя как эффективное средство разведки, сопровождения боя, в качестве ложных мишеней для обнаружения зенитных установок противника, доставки грузов, для выполнения прочих боевых задач.

Исторически развитие беспилотных систем шло по двум направлениям. Первое направление, касающееся, прежде всего, малых БЛА, выросло из авиамоделизма. Энтузиасты, начавшие работать в этом направлении, мало задумывались о какой-либо нормативной базе. На данный момент Указом Президента Республики Беларусь № 81 от 25.02.2016 разграничены понятия «авиамодель» и «беспилотный летательный аппарат». Так «под авиамоделью понимается летательный аппарат без человека на борту, управление которого возможно только при условии визуального контакта с ним, а также неуправляемый свободнолетающий

аппарат». Отсюда следует, что и нормативная база для авиамodelей и БЛА будет отличаться [1].

Другое направление – работы больших конструкторских бюро авиационной направленности, которые увидели перспективы, включая финансовые, развития беспилотных систем. В данном случае такие аппараты являются переутяжеленными и экономическими не выгодными, так как основным направлением создания БЛА является военное применение. Но если первоначально в нашей стране БЛА нашли применение только в военной области, то сейчас значительный сегмент применения комплексов с БЛА приходится уже на гражданскую сферу. В настоящее время за рубежом практически все аппараты проектируются в качестве аппаратов двойного назначения.

Гражданская сфера применения БЛА в Республике Беларусь чрезвычайно широка. К областям использования БЛА можно отнести:

- сектор безопасности, включая патрулирование улиц городов, транспортных развязок или иных территорий;
- предупреждение или управление чрезвычайными ситуациями, включая пожарную безопасность, работу по устранению последствий катастроф;
- сельское хозяйство, в том числе наблюдение за посевными площадями;
- рыболовство и лесничество, включая охрану лесного хозяйства и контроль рыбного промысла;
- геодезия и картографирование местности;
- география и геология, включая изучение труднодоступных геологических тел;
- строительство, в том числе и контроль за стройками;
- нефтегазовый сектор, включая изучение и мониторинг нефтегазовых объектов, наблюдение и дистанционный сбор данных о состоянии трубопроводах и прочих объектах;
- средства массовой информации, в том числе аэрофотосъемка и видео съемка;
- кинематография – телевизионные и киносъемки.

Из поставленных гражданским сектором рынка задач применения БЛА, в первую очередь, хочется отметить контрольные функции БЛА. С помощью беспилотных систем можно контролировать как техническое состояние объектов, так и их безопасность и функционирование, притом, что контролируемые объекты могут находиться на большом удалении.

Для достижения поставленных задач в области гражданской авиации проектирование и производство БЛА ведется с использованием передовых современных информационных технологий. В процессе выполнения полета, как правило, управление БЛА осуществляется автоматически посредством бортового комплекса навигации и управления, в состав которого входят:

- приемник спутниковой навигации, обеспечивающий прием навигационной информации от систем ГЛОНАСС и GPS;
- система инерциальных датчиков, обеспечивающая определение ориентации и параметров движения БЛА;
- система воздушных сигналов, обеспечивающая измерение высоты и воздушной скорости;
- различные виды антенн, предназначенные для выполнения задач.

Бортовая система навигации и управления обеспечивает:

- полет по заданному маршруту (задание маршрута производится с указанием координат и высоты поворотных пунктов маршрута);
- изменение маршрутного задания или возврат в точку старта по команде с наземного пункта управления;
- облет указанной точки;
- автосопровождение выбранной цели;
- стабилизацию углов ориентации БЛА;
- поддержание заданных высот и скорости полета (путевой либо воздушной);
- сбор и передачу телеметрической информации и параметрах полета и работе целевого оборудования;

– программное управление устройствами целевого оборудования.

Бортовая система связи:

– функционирует в разрешенном диапазоне радиочастот;

– обеспечивает передачу данных с борта на землю и с земли на борт.

Данные, передаваемые с борта на землю, содержат:

– параметры телеметрии;

– потоковое видео- и фотоизображение.

Данные, передаваемые на борт, содержат:

– команды управления БЛА;

– команды управления целевой аппаратурой [2].

На сегодняшний день развитие рынка гражданских БЛА в Республике Беларусь, тормозится отсутствием полной нормативно-правовой базы по использованию БЛА. Эта проблема не решена полностью ни в одной стране мира. В Республике Беларусь изменения в Воздушный кодекс были внесены в январе 2014 г. постановлением № 127-З, которое вводило понятие «беспилотный летательный аппарат» и «оператор БЛА». Также о БЛА упоминается в Правилах использования воздушного пространства РБ и в Авиационных правилах полетов в воздушном пространстве Республики Беларусь. Данные документы определяют права оператора БЛА, уточняют моменты, связанные с полетом БЛА и приравнивают оператора БЛА к экипажу воздушного судна со всеми соответствующими правами. Очевидно, что для полной регламентации деятельности по использованию БЛА необходима разработка авиационных правил организации и обеспечению полетов БЛА в Республике Беларусь, в которых будут отображены все стороны эксплуатации, регистрации и сертификации БЛА [3].

В России с 1 ноября 2010 года вступили в силу новые Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации. Впервые в этот документ включено определение беспилотного летательного аппарата, а также введены положения относительно порядка использования беспилотного летательного аппарата в воздушном пространстве. Однако этот документ должен быть дополнен рядом сопутствующих документов, содержащих подробные правила и инструкции.

Также одним из главных вопросов является получение статуса воздушного судна (ВС) беспилотными аппаратами. БЛА, не являясь ВС, не подлежат регистрации в реестре ВС и не имеют Свидетельства о регистрации и годности к использованию. Им невозможно, да и не нужно получать разрешение на использование воздушного пространства. А это уже чревато самыми серьезными последствиями [4].

В рамках действующего законодательства есть вид авиации, в котором БЛА могут существовать на законном основании. Это – экспериментальная авиация. По этому пути идут и другие страны (США, Европа). В этой отрасли есть многолетний опыт использования летательных аппаратов, нормативные документы, разработанные десятилетиями, также есть возможность контроля за техническим состоянием БЛА и многое другое. Получив статус ВС в рамках экспериментальной авиации, БЛА смогут использовать воздушное пространство по существующим правилам.

БЛА в последние годы активно применялись военными, поэтому наработанный ими опыт эксплуатации БЛА в различных условиях отбрасывать ни в коем случае нельзя. Наоборот, нужно привлечь военных к выработке технических требований к БЛА с учетом того, что цели и задачи применения БЛА в гражданском секторе некоторым образом отличаются от задач, решаемых военными.

Итак, подводя итоги, можно отметить тот факт, что использование БЛА не только возможно, но и необходимо. Полеты БЛА возможны при условии выполнения требований выработанных для получения Свидетельств о летной годности и регистрации. Это можно сделать в рамках экспериментальной авиации.

Взрывной рост рынка БЛА и связанных с ним услуг прогнозируется при преодолении в скором времени ряда технических и административных барьеров, ограничивающих использование БЛА в национальном воздушном пространстве Республики Беларусь.

Многие проблемы развития беспилотной авиации в Республике Беларусь могут быть решены разработкой и введением авиационных правил использования БЛА. Чтобы это реализовать в полной мере, нужно выполнить несколько основных мероприятий.

1. В первую очередь надо прийти к единой терминологии. Сейчас используются различные термины и понятия специалистами разработчиками, производителями. Даже в Воздушном кодексе Республики Беларусь и Авиационных правилах полетов в воздушном пространстве Республики Беларусь определения понятия «беспилотного летательного аппарата» отличаются.

2. Внедрить отечественные нормы летной годности для беспилотных систем различного назначения. Такие нормы у нас в стране отсутствуют. Поэтому выдача сертификата на беспилотный комплекс не возможна из-за отсутствия сертификационной базы.

3. Требования к безопасности эксплуатации беспилотных систем должны быть гармонизированы с действующим законодательством других странах. Должны быть определены порядок сертификации БЛА и порядок их регистрации на территории Республики Беларусь.

4. Важным вопросом является процесс обучения персонала и выдача свидетельств операторам БЛА.

Интеграция БЛА в единую систему гражданской авиации может осуществиться только после определения норм летной годности, правил для персонала и эксплуатации, и после подтверждения соответствия этим нормам. Это основные требования, которые необходимо реализовать для внедрения в практику БЛА в Республике Беларусь.

#### *Список литературы*

1. Павлушенко М.А. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития / М. Павлушенко // Научные записки ПИР Центра: национальная и глобальная безопасность. М.: Изд-во «Права человека». 2005. 612 с.

2. Ростопчин В.В. Беспилотные авиационные системы: Основные понятия / В.В. Ростопчин // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2009. № 4. С. 82-88.

3. Ганин С.М. Беспилотные летательные аппараты / С.М. Ганин // СПб: Невский бастион. 1999. 160 с.

4. Илюшко В.М., Нарытник Т.М. Система передачи данных на базе высотного беспилотного летательного аппарата (СПД «Фазтон») / В.М. Илюшко // Зв'язок. 2004. № 7. С. 38-39.

## **ПРОБЛЕМЫ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ. ПУТИ РЕШЕНИЯ**

*Мирфатуллаев Мир-Гусейн Мир-Шамиль оглы – доктор технических наук, Президент Межрегиональной межотраслевой строительной ассоциации саморегулируемых и профессиональных отраслевых организаций «Безопасность» (Ассоциация СРО «МОАБ»), 101000, Россия, Москва, ул. Мясницкая, д. 22, стр. 1*

*Аннотация.* Приводятся реализованные и перспективные планы деятельности Национального объединения «Доступная городская среда». Рассматриваются технологические решения, которые внедряются в Российской Федерации для обеспечения жизнедеятельности людей с ограниченными физическими возможностями.

*Ключевые слова:* инвалидность, маломобильные группы населения, доступная среда, универсальный дизайн.

## **PROBLEMS OF AVAILABLE ENVIRONMENT OF OBJECTS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE. WAYS OF SOLUTION**

*Mirfatullayev Mir-Guseyn Mir-Shamil Oglou – Doctor of Technical Sciences, President of Interregional cross-industry construction association of the self-regulatory and professional industry organizations «Safety»*

*Myasnitckaya str., 22-1, Moscow, 101000, Russian Federation*

*Abstract. The realized and long-term plans of activity of the National association «Available Urban Environment» are given. Technology solutions which take root in the Russian Federation for ensuring activity of physically disabled people are considered.*

*Keywords: disability, accessible environment, universal design.*

Еще несколько лет назад медицинский термин «инвалидность» для многих россиян звучал как приговор и означал жизнь в четырех стенах, полная ограничений и частичной изоляции от общества. Но сегодня ситуация меняется на глазах. Мы относимся к людям с ограниченными возможностями здоровья как к людям с большой силой воли, способным показать нам, что значит бороться и жить. С другой стороны, люди не должны бороться за право находиться в социуме. Наша задача – создать такую среду, в которой люди с ограниченными возможностями здоровья чувствовали бы себя естественно и непринужденно, а свои усилия могли бы направить на расширение круга своего общения или достижения личностного, профессионального роста наряду с остальными членами общества.

На сегодняшний день в обществе создаются максимально комфортные условия для всех маломобильных групп населения на транспорте, и ведется широкомасштабная работа по внедрению технологий на всех объектах транспортной инфраструктуры.

Рассмотрим ситуации, с которыми приходится сталкиваться Национальному объединению «Доступная городская среда» в процессе переговоров по комплексному оснащению объектов для организации доступной среды.

Во-первых, это слабое понимание заказчиков. Ведь, по мнению многих, инвалидов не так много и именно в их учреждение, офис, ресторан, музей, кинотеатр инвалиды заходят крайне редко. Но такая позиция не может являться аргументом, поскольку люди с ограниченными физическими возможностями не заходят именно потому, что для них не организован удобный доступ.

Во-вторых, это еще не сформированное отношение к инвалидности в целом. Неготовность принять людей с ограниченными физическими возможностями в свой круг общения.

В-третьих, отношение примерно следующее: если я сам этим не пользуюсь, то пусть будет как для всех.

С 2011 года в России начала действовать государственная программа «Доступная среда» и имеет своей целью создание комфортной среды для людей с ограниченными физическими возможностями и защиты их прав. Около 18 миллионов россиян не могли вести полноценную жизнь не потому, что они этого не хотели в силу особенностей своих заболеваний, а потому, что общество не готово было воспринимать их такими, какие они есть. Не было условий для нормального нахождения людей с ограниченными физическими возможностями в социуме, и они выбирали изоляцию как единственную возможность существовать в этом мире.

В основу программы «Доступная среда» был положен тезис, что все проблемы, с которыми сталкиваются люди с инвалидностью, это результат не только конкретных заболеваний. В большинстве случаев это следствие несовершенства окружающей среды. При условии обеспечения беспрепятственного доступа инвалидов ко всей без исключения инфраструктуре проблема инвалидности отпадет сама по себе, потому что у них появятся такие же возможности, как и у других людей. Они смогут реализовать свое право на труд, образование, общественную жизнь, на достойный отдых, а также на другие неотъемлемые сферы жизни современного человека.

По опыту европейских стран и США одним из признаков цивилизованного развитого общества является гуманизм и внимательность к проблемам людей с ограниченными

физическими возможностями. Люди с ограниченными возможностями здоровья в этих странах имеют сильную правовую защищенность и ощущение “собственной уязвимости” отсутствует. Любая организация будь то административная, общественная, дома отдыха, санатории или просто магазины – все оснащены специальными устройствами, с целью создать максимальный комфорт для маломобильных групп населения, которые также могут быть постоянными клиентами и обеспечить определенный круг потребителей по тем или иным услугам.

В России одним из пилотных регионов для реализации программы «Доступная среда» стал Татарстан. Социально значимые объекты республики, такие как аэропорты, больницы и поликлиники, школы и детские сады, дворцы спорта и культуры, театры и метро, оборудовали устройствами, позволяющими людям с ограниченными возможностями комфортно передвигаться и находиться в обществе. К примеру, в железнодорожных кассах для незрячих людей установили надписи, продублированные шрифтом Брайля, а для слабослышащих установили вывески и индукционные петли, гасящие фоновый шум. С их помощью при переключении слухового аппарата в специальный режим люди могут четко воспринимать информацию кассира. Расширяя границы социальной доступности для людей с ограниченными физическими возможностями, здания оборудовали пандусами, расширили дверные проемы, санузлы адаптировали для удобного перемещения и нахождения точки опоры.

Еще одна полезная для каждого человека инновация – светонакапливающие элементы. В случае, когда в помещении гаснет свет, они направляют посетителей к выходу. Доказано, что навигация на полу или асфальте работает более эффективно, чем на стенах. Более того, оборудование обозначает углы помещения. Это особенно полезно в сумерках или полной темноте, так как помогает быстрее сориентироваться.

Опыт Татарстана сейчас внедряется по всей стране. Программа «Доступная среда» вошла в активную стадию ее реализации, а маломобильные группы населения стали на шаг ближе к активной жизни.

Для организации доступной среды применяется так называемый «Универсальный дизайн». Он подразумевает то, что удобно для инвалида, должно быть удобно и для любого человека. Это должно быть качественно, функционально, надежно, в хорошем дизайнерском решении. «Универсальный дизайн» международный термин, в основе воплощения которого лежат семь принципов: равенство в использовании, гибкость в использовании, простой и интуитивно понятный дизайн, легко воспринимаемая информация, допустимость ошибки, низкое физическое усилие, размер и пространство для доступа и использования

Рассмотрим различия между инвалидами и маломобильными группами населения.

Инвалид – человек, у которого возможности в личной жизни и общественной деятельности ограничены из-за его физических, умственных, сенсорных или психических отклонений. Существует 4 категории инвалидов: с нарушениями опорно-двигательного аппарата, слепые и слабовидящие (с нарушениями зрения), глухие и с нарушениями слуха («невидимые» инвалиды), ментальные инвалиды (с нарушениями интеллекта).

А вот к маломобильным группам населения, потенциально относимся и мы с вами. Каждый из нас бывал в той или иной ситуации, когда нам требовалась доступность и принципы «универсального дизайна». Маломобильные группы населения – это люди, испытывающие затруднения при самостоятельном передвижении, получении услуг, необходимой информации или при ориентировании в пространстве. К ним относятся дети и беременные женщины, люди с временными нарушениями здоровья, люди с избыточным весом, люди старших возрастов, родители с детскими колясками, люди, путешествующие с чемоданами и сумками. Надо сказать, что сейчас происходит активное старение человечества. Именно поэтому сейчас так остро стоит вопрос и занятости населения в пожилом и пенсионном возрасте. Соответственно стоит вопрос и по доступности объектов, подъездов домов, магазинов, аэропортов, вокзалов и т.д.



В рамках программы «Доступная среда» большая роль отводится компаниям, специализирующимся на производстве, внедрении и установке оборудования, необходимого для комфортной жизни не только инвалидов, но и всех нас.

Уже более 15 лет специалисты компаний, входящих в состав Национального объединения «Доступная городская среда», успешно разрабатывают и реализуют комплексные проекты по оснащению, модернизации и адаптации культурных, лечебно-профилактических, образовательных, медицинских, транспортных и спортивных объектов в рамках «Универсального дизайна», создавая условия для повседневной жизни людей, относящихся к маломобильной группе населения (рис. 1).



Рисунок 1 – Организация доступной среды

Для каждого проекта специалисты Национального объединения «Доступная городская среда» разрабатывают свои решения, подбирая наиболее оптимальное оборудование и конструктивные особенности исполнения. Постоянный мониторинг рынка новых технологий и материалов в области организации доступной среды позволяет компании предоставлять полный комплекс услуг по организации «безбарьерного» пространства в формате отдельного учреждения, города или региона. Например, недостаточно только установить пандусы для передвижения на инвалидных колясках. Важно детально проработать каждый объект и обеспечить его общую доступность. В помещениях специалисты компаний Национального объединения «Доступная городская среда» устанавливают тактильные дорожки, двери оборудуют звуковой навигацией, а на стенах размещают тактильные планы эвакуации. Обеспечить вертикальное перемещение колясочников помогают лифты. Таким образом, создание доступной среды – это главная задача, которую эффективно решает коллектив Национального объединения «Доступная городская среда».

Национальное объединение «Доступная Городская среда» входит в рабочую группу по организации доступной среды для инвалидов и маломобильных групп населения на транспорте, созданной по инициативе Министерства транспорта РФ.

На протяжении последних 8 лет, специалисты Национального объединения «Доступная городская среда» активно изучают опыт зарубежных стран, таких как Финляндия, Франция, Швеция, Израиль, Германия, США в области законодательства и организации доступной среды в рамках универсального дизайна объектов транспортной инфраструктуры.

Мы тщательно исследуем передовые достижения ведущих зарубежных компаний в этой области и стараемся привнести этот опыт в Россию во избежание очевидных ошибок, которые неизбежны в начале пути. Установлено сотрудничество со многими зарубежными и отечественными компаниями, такими как STEP-HEAR, E.O.GUIDAGE, PRISMA, C/S FRANCE, ECOGLO, KORPINEN, GLOWWAY, PRESTO, GEEMARC, ЭКОГЛО-ПУС, СЕМИВЕР, ВИКИНГ, Исток Аудио Трейдинг, Центр Доступных инноваций и др.

#### *Список литературы*

1. Мирфатуллаев М.М. Формирование инвестиционной стратегии в области пожарной безопасности опасных производственных объектов субъекта Российской Федерации приростным методом // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2013. № 3. С. 96-100.

2. Артамонов В.С., Мирфатуллаев М.М. Метод программно-целевого формирования инвестиционной стратегии в области пожарной безопасности опасных производственных объектов субъекта Российской Федерации // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2014. № 1. С. 18-27.

3. Мирфатуллаев М.М., Кураков А.В. Выбор и обоснование наиболее важных показателей математико-экономической оценки эффективности инвестиционных программ в опасные производственные объекты субъекта Российской Федерации // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2013. № 4 (28). С. 104-110.

УДК 656.2+6

## **СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА В РОССИИ**

*Колесников Максим Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры экономики и менеджмента*

*ФГБОУ ВО Ростовский государственный университет путей сообщения*

*344038, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, kvi@rgups.ru*

*Долгий Александр Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте*

*ФГБОУ ВО Ростовский государственный университет путей сообщения*

*344038, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, adolgy@list.ru*

*Аннотация. Рассматриваются некоторые аспекты создания в России транспортно-го каркаса, соединяющего мировые экономические центры и обеспечивающего кратчайшие транзитные грузовые маршруты. Определены основные принципы создания долгосрочной*

государственной программы и механизмы международного сотрудничества с сохранением за Россией возможностей принятия ключевых решений. Отмечена необходимость развития скоростного движения поездов при обеспечении требуемого уровня безопасности, применения мер автоматической интерпретации диагностических данных.

*Ключевые слова:* транспортная система, международное сотрудничество, промышленные кластеры, диагностика, работоспособность.

## STRATEGIC PRIORITIES OF THE TRANSPORT DEVELOPMENT IN RUSSIA

*Kolesnikov Maksim Vl. – Doctor of Technical sciences, professor of the chair Economics and Management*

*Rostov State Transport University*

*Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., 2, Rostov-on-Don, 344038, Russia, kvi@rgups.ru*

*Dolgy Alexander Ig. – Candidate of Technical sciences, associate professor of the department Automation and telemechanics in railway transport, Rostov State Transport University*

*Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., 2, Rostov-on-Don, 344038, Russia, adolgy@list.ru*

*Abstract.* Some aspects of creating a transport framework connecting the world's economic centers and providing the shortest transit cargo routes are considered in Russia. The main principles for the creation of a long-term state program and mechanisms for international cooperation are determined, while retaining Russia's ability to make key decisions. The need in the development of high-speed train traffic with the required level of safety, and in the application of measures for automatic interpretation of diagnostic data was noted.

*Keywords:* transport system, international cooperation, industrial clusters, diagnostics, efficiency.

Глобальное территориальное преимущество России – огромная территория, соединяющая мировые экономические центры: это страны Европейского Союза – Юго-Восточной Азии – Североамериканского континента – может стать основным фактором солидарного развития суверенных стран и их объединений. Точкой равновесия в такой интеграции должна стать Россия и не только из-за огромной территории, но и из-за инициативы, рожденной потребностью в новом импульсе развития страны.

Для достижения этого наша инициатива должна быть не только первичной, но и убедительной. При этом может быть придется даже пожертвовать отдельными принципами, исключаящими духовно-нравственные и патриотические. Они окупятся нашим экономическим развитием в солидарности с другими странами. Цивилизация созрела к единству под лозунгом: «Все мы разные, но все равные».

В качестве такого проекта, как справедливо отмечено в работе [1], может стать идея строительства опорного транспортного каркаса. Для этого необходимо разработать долгосрочную государственную инициативную программу Российской Федерации с включением в нее следующих основополагающих принципов:

- 1) создание и поддержание инвестиционного климата по всем параметрам, его определяющим: от антимонопольных действий, до искоренения воровства и коррупции;
- 2) идея реализации проекта должна доминировать в поиске новых геополитических отношений со странами Балтии и Восточной Европы;
- 3) законодательство не должно противоречить международным стандартами для всех и в первую очередь для ведущих потенциальных партнеров проектов;
- 4) создание мировых логистических центров с ориентацией на гигантский рынок Азиатско-Тихоокеанского региона и Европы.

Сформировав конкурентоспособную систему транспортных коммуникаций, Россия может обеспечить кратчайший транзитный грузовой маршрут: Юго-Восточная Азия – Евро-

па, со сроками доставки грузов в 3 раза меньшими и стоимостью в 2 раза ниже, чем традиционным морским путем.

Для реализации такого проекта, прежде всего, необходимо разработать механизм международного сотрудничества, который с одной стороны учитывал бы интересы инвесторов, а с другой стороны оставлял бы за Россией принятие ключевых решений. Начинать такую грандиозную работу необходимо с модернизации транспортной инфраструктуры Бама и Транссиба, что позволит превратить Сибирь и Урал в перспективные регионы России. Строительство крупных и средних городов с разветвленной сетью поселений между ними должно предусматривать размещение предприятий, строительство жилья, развитие социальной инфраструктуры. Основой развития должны стать не только промышленные кластеры, включающие добывающие производства, глубокую переработку сырья, но и создание университетских центров мирового уровня [2,3].

Если говорить о прорывных технологиях на железнодорожном транспорте, то здесь необходимо сосредоточить внимание на развитии скоростного движения и вопросах безопасности. С последние годы на железных дорогах Российской Федерации наблюдается постоянный рост грузовых и пассажирских перевозок, что влечет за собой усиление требований к стабильности земляного полотна железнодорожного пути. В этом плане определяющую роль играют оперативные диагностические мероприятия, прямым образом влияющие на реализацию превентивных мер по предотвращению деформаций рельсовой линии и достижению требуемой работоспособности железнодорожного пути. Актуальность мониторинга будет возрастать с ростом скоростей грузонапряженности.

Диагностирование состояния земляного полотна железнодорожного пути включает массу мероприятий, основанных на геофизических методах, многие из которых базируются на традиционных технологиях сбора и обработки данных, что заметно ограничивает их возможности.

Повышение требований к оперативности, производительности, достоверности и качеству принимаемых решений обусловили перевод диагностических систем на новую информационную основу. В частности, это касается развития методов диагностирования состояния земляного полотна железнодорожного пути на основе использования технологий георадиолокационного неразрушающего зондирования.

На сегодняшний день, такой подход удовлетворяет большинству предложенных требований, но главным его достоинством является наличие потенциальных возможностей интеллектуализации. Под интеллектуализацией понимается извлечение полезных знаний из «сырых» георадиолокационных данных и автоматический вывод заключений о состоянии зондируемой среды, представленных в форме экспертных оценок. Процесс выявления знаний подразумевает анализ данных с целью получения знания, представленного в виде новых, полезных, доступных для понимания и пригодных для автоматической интерпретации образцов данных.

Еще одним из главных вопросов при создании международного консорциума – методологическое обеспечение организационного управления железнодорожной транспортной системой на завершающем этапе ее структурного построения с привлечением заинтересованных участников в лице ведущих стран: Китая, Японии, Индии, Южной Кореи, Казахстана, а также других стран СНГ.

Востребованность концептуально-методологических и эмпирических направлений исследования железнодорожных транспортных систем, вопросов и их эффективного организационного управления обусловлена рядом обстоятельств:

- необходимостью комплексного анализа развития ОАО «РЖД» в новых межгосударственных условиях хозяйствования с целью изучения эффективности, оценки устойчивости и степени адаптивности действующих моделей управления;
- видовое, управленческое, организационно-правовое разнообразие транспортных предприятий, определяющее необходимость рассмотрения транспорта как социотехнической системы в условиях реализации указанного мегапроекта;

– дискуSSIONностью проблем функционирования железнодорожного транспорта в межгосударственной транспортной системе, что отражается в поиске новых инструментов согласования производственных и технико-экономических интересов подсистем и элементов, как внутри корпорации, так и с внешними агентами;

– отсутствием единых методик, показателей, комплексности инструментария, фрагментарностью и недостаточной разработанностью научно-методической базы межгосударственного управления транспортными системами, несмотря на множество концептуальных подходов к исследованию проблематики управления ими;

– возросшей потребностью формирования системной парадигмы управления межгосударственной транспортной системы с целью ее устойчивого и конкурентного функционирования на внутренних и мировых рынках транспортных услуг.

Набор столь важных факторов актуализирует расширение методологического инструментария оценки тенденций развития межнационального железнодорожного транспорта и задач оптимизации систем управления в этих условиях.

#### *Список литературы*

1. Фортов В.Е., Колесников В.И. О роли академических и отраслевых научных школ в реализации инновационных и стратегических задач Российских железных дорог. Бюллетень ОУС ОАО «РЖД». 2015. № 3. С.1-7.

2. Долгий А.И. Комплексный подход к оцениванию интерпретационной пригодности систем текстового резюмирования баз данных геодиагностических систем // Вестник РГУПС. 2008. № 1. С. 53-57.

3. Колесников М.В., Мотренко Д.П. Управление железнодорожной транспортной системой: концепции, модели и организационные механизмы: монография. М. Наука. 2017. 272 с.

УДК 658.314.7:330.115

## **ОПТИМАЛЬНАЯ ГАРАНТИРУЮЩАЯ СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ В ДОРОЖНОЙ ИГРЕ**

*Цыганов Владимир Викторович – доктор технических наук, профессор, заведующий Московским отделом ИПТ РАН, av188958@akado.ru*

*Лемешкова Алеся Валерьевна – младший научный сотрудник Московского отдела ИПТ РАН, aleslemesh@mail.ru*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13*

*Аннотация.* Для адекватного управления большой транспортной системой необходимо прогнозировать решения игры участников дорожного движения (кратко – дорожной игры) в зависимости от регулирующих и управляющих воздействий центра (таких, как правила движения и системы стимулирования). С этой целью разработана теоретико-игровая модель и метод исследования взаимодействия участников движения в условиях неопределенности и помех. Получено стационарное решение дорожной игры на однополосной кольцевой дороге, в зависимости от ограничений скорости движения, параметров транспортных средств, состояния дороги и других факторов.

*Ключевые слова:* транспорт, дорога, игра, неопределенность, помеха, стратегия

## **OPTIMAL GUARANTEE STRATEGY FOR VEHICLE MANAGEMENT IN ROAD GAME**

Tsyganov Vladimir V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Moscow department of ITP RAS, av188958@akado.ru

Lemeshkova Alesia V. – researcher of Moscow department of ITP RAS, aleslemesh@mail.ru  
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation

*Abstract.* To adequately manage a large transport system, it is necessary to predict the decisions of the game of road users (briefly - the road game), depending on the regulatory and control impacts of the center (such as traffic rules and incentive systems). For this purpose, a game-theoretical model and a method for investigating the interaction of participants in motion under conditions of uncertainty and interference were developed. A stationary solution of a road game on a single-lane ring road is received, depending on the speed limits, vehicle parameters, road conditions and other factors. *Ключевые слова:* железная дорога, холдинг, услуга, организация, управление, контроль, качество, каталог, стандарт.

*Keywords:* transport, road, game, uncertainty, hindrance, strategy.

Быстрые изменения приводят к необходимости решения проблем адаптации и реформирования крупномасштабных транспортных систем с учетом использования инновационных средств и технологий, а также состояния дорог, правил движения и многих других факторов. Для решения этих проблем необходим комплексный теоретический подход к построению и оптимизации иерархических макро- и микромоделей элементов сложных транспортных систем в условиях динамики, неопределенности, и с учетом человеческого фактора. Такой подход характерен для теории больших транспортных систем [1]. К сожалению, однако, до сих пор исследователи ограничивались решением локальных задач совершенствования крупномасштабных транспортных систем, таких как моделирование транспортных потоков, например, с использованием физических аналогов [2] или методов исследования операций [3]. Вышесказанное определяет актуальность системного анализа и решения указанных проблем с позиций теории больших транспортных систем [1].

В соответствии с этой теорией, для адекватного управления большой транспортной системой необходимо прогнозировать решения игры участников дорожного движения (кратко – дорожной игры) в зависимости от регулирующих и управляющих воздействий центра (таких, как правила движения и системы стимулирования), параметров транспортных средств, состояния дороги, помех и других детерминированных и случайных факторов. Рассмотрим теоретико-игровую микромодель взаимодействия участников движения в дорожной игре, в условиях неопределенности и помех.

При исследовании дорожной игры, в первую очередь, необходимо определять стратегии управления транспортными средствами (ТС). Предположим, что два ТС движутся в одном направлении по однополосной дороге, на которой обгон запрещен. Присвоим заднему ТС номер  $i = 1$ , а переднему –  $i = 2$ . Пусть  $t$  – момент времени,  $t \geq 0$ ,  $x_i(t)$  – координата передней точки  $i$ -го ТС на дороге в момент времени  $t$ .

Система стимулирования управляющего транспортным средством (УТС) включает поощрение за перевозку, а также штрафы за нарушение правил дорожного движения. Например, при превышении максимальной скорости,  $i$ -й УТС платит штраф  $P_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Кроме того, если занятой ТС въезжает во впереди идущий ТС, то 1-й УТС получает штраф  $F_1$ . Таким образом, стимулирование 1-го УТС равно:

$$G_1 = h_1(x_1) - p_1 - f_1, \quad (1)$$

где  $h_1(x_1)$  – поощрение за перевозку,  $p_1$  – штраф за превышение скорости, определяемый следующим образом:  $p_1 = P_1 > 0$ , если было превышена максимальная скорость, и  $p_1 = 0$  – если этого не было;  $f_1$  – штраф за столкновение с впереди идущим ТС:  $f_1 = F_1 > 0$ , если

столкновение произошло, и  $f_i = 0$  – если этого не было. Для простоты будем считать, что штраф  $F_i$  сильный:  $F_i \gg h_i(x_i)$ .

Предположим, что в момент времени  $t_1$ ,  $t_1 > 0$ , неожиданно возникает помеха, в результате чего 2-е ТС попадает в аварию. Согласно правилам дорожного движения, после возникновения помехи, 1-й УТС должен затормозить и остановиться. В случае столкновения, 1-й УТС получает штраф  $F_1$ .

Для определения условий столкновения ТС, необходимо проанализировать их динамику.

Рассмотрим сначала случай свободного движения  $i$ -го ТС после возникновения помех, в отсутствие столкновения.

Введем следующие обозначения:  $r_i$  - время, необходимое для реакции  $i$ -го УТС на помеху, после чего  $i$ -й УТС начинает торможение;  $t_{si}$  - время остановки  $i$ -го ТС:  $x_i(t) = x_i(t_{si})$ ;  $v_i(t)$  – скорость  $i$ -го ТС в момент времени  $t$ ,  $t_i \leq t \leq t_{si}$ ,  $v_i(t_i) > 0$ ,  $v_i(t_{si}) = 0$ ;  $a_i(t)$  - отрицательное ускорение (замедление)  $i$ -го ТС,  $t_i + r_i \leq t \leq t_{si}$ ;  $a_i(t_{si}) = 0$ ,  $i = \overline{1,2}$ .

Для простоты предположим, что в момент  $t_1$   $i$ -е ТС двигалось с постоянной скоростью, то есть его ускорение отсутствовало:  $a_i(t_1) = 0$  (стационарный режим движения).

Поскольку помеха может произойти в любой момент  $t_1 > 0$ , это означает, что скорость  $v_i(t_1)$  не зависит от  $t_1$ , т.е. постоянна:  $v_i(t_1) = v_i$ ,  $\forall t_1 > 0$ ,  $i = \overline{1,2}$ .

До появления помехи, координата передней точки 1-го ТС не превышала координаты задней точки 2-го ТС, определяемой с учетом его длины  $l_2$ :  $x_1(t) \leq x_2(t) - l_2$ ,  $t \leq t_1$ . В момент времени  $t_1$  2-е ТС попадает в аварию, вызванную помехой. В течение времени  $r_1$ , необходимого для реакции 1-го УТС на помеху, скорость 1-го ТС не меняется:  $v_1(t_1 + r_1) = v_1$ . В отсутствие столкновения, время остановки  $i$ -го ТС ( $t_{si}$ ), а также его координата в момент времени  $t$ ,  $t_i \leq t \leq t_{si}$ , определяются из соотношений, соответственно:

$$v_i = \int_{t_1+r_i}^{t_{si}} a_i(t) dt, \quad x_i(t) = x_i(t_i) + \int_{t_1}^t v_i(t) dt, \quad t_1 \leq t \leq t_{si}, \quad i = \overline{1,2}. \quad (2)$$

Столкновение ТС происходит, если траектории их движения, определяемые согласно (2), пересекаются до момента полной остановки обоих ТС. Формально это происходит, если найдется момент  $t$ , такой, что координата передней точки 1-го ТС  $x_1(t)$  больше координаты задней точки 2-го ТС, определяемой с учетом его длины  $l_2$ :

$$x_1(t) > x_2(t) - l_2, \quad t_1 \leq t \leq \max(t_{s1}, t_{s2}), \quad (3)$$

где  $t_{si}$  определяются из уравнений (2),  $i = \overline{1,2}$ . Условия столкновения определяются из уравнений (2) и неравенства (3), и зависят, во-первых, от скорости  $v_1$ , и, во-вторых, от значения  $a_1(t)$  во время торможения,  $t \in [t_1 + r_1, t_{s1}]$ . Поэтому, чтобы избежать столкновения и штрафа, 1-й УТС должен выбрать стратегию  $s_1 = \{v_1, a_1(t)\}$  такую, чтобы:

$$x_1(t) \leq x_2(t) - l_2, \quad v_1 = \int_{t_1+r_1}^{t_{s1}} a_1(t) dt, \quad v_2 = \int_{t_1}^{t_{s2}} a_{i2}(t) dt, \quad (4)$$

где  $t_1 \leq t \leq \max(t_{s1}, t_{s2})$ . Для решения этой проблемы, 1-й УТС должен иметь прогноз  $x_2(t)$  и  $t_{s2}$ .

Принцип максимального гарантированного результата означает, что 1-й УТС выбирает стратегию  $s_1 = \{v_1, a_1(t)\}$  такую, чтобы при наихудших возможных значениях  $x_2(t)$  и  $t_{s2}$  был достигнут наилучший результат – отсутствие столкновения и, следовательно, штрафа  $F_1$ .

Наиболее неблагоприятные возможные значения  $x_2(t)$  и  $t_{s2}$  связаны с мгновенной остановкой 2-го ТС (например, в результате лобового столкновения с ТС, идущим навстречу по параллельной дороге). В этом случае  $t_{s2} = t_1$ , и  $x_2(t) = x_2(t_1)$  при  $t \geq t_1$ . Подставляя в (4) координату  $x_1(t)$  1-го ТС в момент  $t$ ,  $t_1 \leq t \leq t_{s1}$ , определяемую согласно (2), нетрудно показать, что скорость  $v_1$  и ускорение  $a_1(t)$ , при  $t_1 \leq t \leq t_{s1}$ , должны удовлетворять условиям:

$$v_1(t_{s1}-t_1) \leq [x_2(t_1) - x_1(t_1) - l_2 + \int_{t_1}^{t_{s1}} dt \int_{t_1+r_1}^t a_1(\tau) d\tau], \quad v_1 = \int_{t_1+r_1}^{t_{s1}} a_1(t) dt. \quad (5)$$

Максимальное значение отрицательного ускорения (торможения)  $a_1$  определяется силой трения:  $a_1 = k_1 g$ , где  $k_1$  – коэффициент трения колес 1-го ТС о поверхность дороги (зависящий от состояния дорожного покрытия и колес 1-го ТС),  $g$  – ускорение свободного падения. Подставляя  $a_1 = k_1 g$  в (5), получаем ограничение на скорость  $v_1$ :

$$v_1 \leq k_1 g [ (2 d_1 / k_1 g)^{1/2} - r_1 ] = (2 d_1 k_1 g)^{1/2} - r_1 k_1 g, \quad (6)$$

где  $d_1$  – расстояние между транспортными средствами в момент  $t_1$ :  $d_1 = x_2(t_1) - x_1(t_1) - l_2$ . Выполнение 1-м УТС условия (6) обеспечивает устранение столкновения (и, следовательно,  $f_1 = 0$ ) при самых неблагоприятных обстоятельствах.

Кроме того, скорость  $v_1$  ограничена максимально допустимой скоростью  $V$ , установленной по соображениям безопасности.

Предположим, что штрафы  $P_1$  за превышение  $V$  являются сильными:  $P_1 \gg h_1(x_1)$  при  $v_1 > V$ .

Тогда 1-й УТС безусловно заинтересован в отсутствии этих штрафов:  $p_1 = 0$ , откуда следует  $v_1 \leq V$ .

Назовем гарантирующей стратегией  $s_1 = \{ \min [v_1, V], k_1 g \}$ , при которой  $v_1$  удовлетворяет условию (5). Эта стратегия гарантирует УТС отсутствие штрафов за столкновение ( $f_1 = 0$ ) и за превышение максимально допустимой скорости ( $p_1 = 0$ ).

Дальновидный УТС стремится увеличить стимулы и исключить штрафы. Формально это означает, что 1-й УТС должен выбрать гарантирующую стратегию  $s_1 = \{ \min [v_1, V], k_1 g \}$ , при которой максимизируется поощрение  $h_1(x_1)$ , зависящее от пробега  $x_1$ .

Поскольку при гарантирующей стратегии  $f_1 = 0$  и  $p_1 = 0$ , приращение стимула 1-го УТС (1) за время  $dt$  можно представить в виде дифференциала  $dG_1 = (dh_1(x_1)/dx_1) v_1 dt$ , где  $v_1 = dx_1/dt$ .

Естественно предположить, что производная от поощрения по расстоянию  $dh_1(x_1)/dx_1$  (например, плата за километр пробега) не зависит от  $v_1$ .

Тогда  $dG_1$  растет по  $v_1$ , что означает рост поощрения УТС в единицу времени с увеличением скорости движения  $v_1$ .

Принимая во внимание (5), получаем, что оптимальная скорость 1-го ТС, при котором не только исключаются штрафы, но и рост поощрения максимален, равна:

$$v_1 = (2 d_1 k_1 g)^{1/2} - r_1 k_1 g. \quad (7)$$

Соответственно, гарантирующая стратегия 1-го УТС, при которой достигается максимальный рост стимула  $dG_1$ :

$$s_1 = \{ \min [ (2 d_1 k_1 g)^{1/2} - r_1 k_1 g, V ], k_1 g \}. \quad (8)$$

Выражение (8) и определяет оптимальную гарантирующую стратегию 1-го УТС.



### Список литературы

1. Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза. СПб: ИПТ РАН. 2016. 216 с.
2. Gray L., Griffeth D. The Ergodic Theory of Traffic Jams // Journal of Statistical Physics. 2001. Vol. 105. № 3/4. P. 98-127.
3. Nagel K., Wagner P., Woesler R. Still flowing: Approaches to Traffic Flow and Traffic Jam Modeling // Operations Research. 2003. Vol. 51. № 5. P. 681-710.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОГРАММ В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

**Кумиров Сергей Вячеславович** – начальник отдела образовательных информационных технологий и обработки данных

**Аверьянов Дмитрий Александрович** – заместитель начальника отдела образовательных информационных технологий и обработки данных

**Белов Дмитрий Ярославович** – младший научный сотрудник научной роты  
ФГКВООУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева

190034, Россия, Санкт-Петербург, Набережная Макарова, д. 8, it-vamto@yandex.ru

Аннотация. В современном мире все большую роль играет своевременное и оперативное управление любым видом деятельности. Автоматизация некоторых процессов управления является основным способом развития системы управления транспортным обеспечением. Автоматизированные системы управления и входящее в их состав программное обеспечение способны оптимизировать процесс руководства транспортными потоками сразу по нескольким направлениям.

Ключевые слова: транспорт, обеспечение, перевозки, логистика, система, управление, автоматизация.

## IMPLEMENTING OF MODERN LOGISTIC PROGRAMS IN AN AUTOMATED TRAFFIC ENVIRONMENT CONTROLS SYSTEMS

*Kumirov Sergei V. – Head of Department of Educational Informational Technologies and Data Processing*

*Averianov Dmitrii A. – Deputy Head of the Department of Educational Information Technologies and Data Processing*

*Belov Dmitrii Ya. – platoon commander of science division*

*Military Academy for Logistics General of the Army A. V. Khrulev*

*Makarova Emb., 8, St.Petersburg, 190034, Russian Federation, it-vamto@yandex.ru*

Abstract. In a modern world, a role of the automated control system has dramatically increased. Automation of some management processes is the basic tool for development of a transportation control system. Automated Control System and embedded software could provide optimization for the transport environment in several ways.

Keywords: transport, provide, traffic, logistics, system, control, automation.

В настоящее время острее, чем ранее, встает вопрос развития и автоматизации транспортного обеспечения в России. Рост числа транспортных потоков, повышение потребности

в междугородних, межрегиональных сообщениях, все это ведет к необходимости усовершенствования текущей системы управления транспортными перевозками.

Логистика – наука об управлении и оптимизации материальных потоков, связанных с ними потоков информации и финансов в конкретной макро- микросистеме согласно поставленной перед системой цели. Как в военной, так и в гражданской сфере, развитие логистики, появление в ней инновационных технологий и решений является одним из важнейших вопросов усовершенствования транспортной системы. Одной из таких технологий являются автоматизированные системы управления.

Автоматизированная система управления (АСУ) – комплекс аппаратных и программных средств, а также специального персонала, предназначенный для управления различными процессами в рамках определенного процесса, производства, предприятия. Важно учитывать, что в сфере транспортного обеспечения из-за заметного воздействия внешних факторов, влияющих на систему, не представляется возможным придать всем процессам автоматический характер. Именно поэтому и используется термин «автоматизированная», в отличие от термина «автоматическая», он подчёркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации.

Можно выделить несколько основных целей, достижение которых является особенно важным:

1. Предоставление лицу, принимающему решения (далее ЛПЦ), релевантных данных для принятия обоснованных решений.
2. Снижение количества решений, которые должен принимать руководящий состав.
3. Ускорение выполнения отдельных операций по сбору и обработке данных, касающихся состояния решения поставленной задачи, что позволяет повысить уровень контроля и исполнительской дисциплины.
4. Повышение оперативности управления.

Основной целью управления работой транспортных потоков является обеспечение эффективного использования всех технологических, информационных, экономических (финансовых), организационных и социальных ресурсов для своевременного, качественного и полного удовлетворения в перевозках как грузов, так и пассажиров.

Даже простейшая организация, обеспечивающая перевозку, должна состоять из следующих звеньев: подготовки грузов к перевозке, погрузки, транспортирования, разгрузки и подготовки подвижного состава и погрузочно-разгрузочных средств к работе. АСУ применяемая в этой организации должна учитывать все количественные, качественные, временные и другие аспекты, позволяющие оптимизировать процесс транспортировки.

По возможности управления тем или иным видом транспорта:

- АСУ перевозками на автомобильном транспорте;
- АСУ перевозками железнодорожным транспортом;
- АСУ перевозками на речном и морском транспорте
- Комбинированные (включающие, например, доставку авиационным транспортом).

По назначению:

- АСУ, предназначенные для контроля и учета выполнения расписания на пути следования;
- АСУ, предназначенные для управления перевозками;
- комплексные АСУ, выполняющие функции контроля, учета и управления при перевозке.

По охватываемому масштабу:

- АСУ перевозками в конкретном населенном пункте;
- АСУ перевозками на внегородских сообщениях, в масштабах страны.

По времени реакции на возникшие изменения:

- АСУ с фиксированным периодом обновления исходных данных;
- АСУ с нефиксированным периодом обновления исходных данных;
- АСУ с автономным адаптивным обновлением данных.

По видам организации обмена с центром управления движением:

- АСУ, использующие гальванические коммуникации, связывающие подвижные единицы с центром управления движением только на строго определенных контрольных пунктах;
- АСУ, использующие радиоканалы;
- комбинированные, т.е. использующие гальванические коммуникации, связывающие подвижные единицы с центром управления движением, а также использующие радиоканалы.

По архитектуре:

- централизованные АСУ, т.е. построенные по принципу территориальной концентрации технических средств, например, в центре управления движением;
- распределенные АСУ, т.е. имеющие некоторое нефиксированное множество узлов территориальной концентрации технических средств.

Принципы построения автоматизированных систем, ориентированных на управления различными видами транспорта, имеют существенные различия в силу различий в структуре управляющих воздействий.

Кроме этого, имеет существенное значение масштаб управления.

Современные логистические программы для ЭВМ имеют уже достаточно много функциональных возможностей. Так программы умеют взаимодействовать с системами мониторинга ТС (GPS/ГЛОНАСС), а также вести учет расхода ГСМ (горюче-смазочных материалов), ремонтов и ТО (технического обслуживания), шин, АКБ (аккумуляторных батарей). Позволяют вести тарифы на транспортные услуги, рассчитывать их стоимость и формировать различные счета и акты. Появляется возможность полного перехода на электронный документооборот.

Помимо осуществления своих прямых функций, программа для ЭВМ, применяемая для оптимизации движения транспортных потоков, должна отвечать и ряду других требований.

Одним из самых главных является наличие в составе программ системы разграничения прав доступа и иных средств защиты информации. Особенно важно это для организаций, где существует необходимость защиты государственной или коммерческой тайны. Необходимо не только защитить систему от внешних атак, но и обеспечить контроль выполняемых внутренних операций.

Современный рынок предлагает огромное количество различных логистических программ и АСУ, выполняющих большое количество функций в сфере транспортного обеспечения.

В России развитие транспортной логистики и в частности ее автоматизация, происходят медленней, чем на Западе, однако в последнее время заметны положительные тенденции. Внедрение и усовершенствование этих технологий позволит выйти на принципиально новый уровень перевозок любой организации.

#### *Список литературы*

1. Сайт - <http://autocraftz.blogspot.ru/2015/04/asu-autotransport.html>.
2. Гаджинский А.М. Логистика: учебник, 20-ое издание, издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», ISBN 978-5-394-01605-9, Москва. 2012. С. 54-62.
3. Автоматизированные системы управления на автомобильном транспорте: учебное пособие. Московский автомобильно-дорожный колледж им. А.А. Николаева. Москва. 2014. С. 14-60.

# ОБОСНОВАНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

*Кокурин Иосиф Михайлович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13., kokyrinim@mail.ru*

*Аннотация. Основными проблемами для специалистов в области автоматизации управления движением поездов являются сложности формализованных описаний процессов принятия решений человеком-оператором и прогнозирования моментов времени достижения подвижной единицей координат на пути следования. Целью работы является обоснование направлений развития интеллектуальных систем автоматизации управления движением поездов на основе теорий алгоритмического и математического описаний процессов принятия решений железнодорожным оперативным персоналом и имитационного моделирования движения поездов.*

*Ключевые слова: организация железнодорожного движения, алгоритмизация функций оперативного персонала, имитационное моделирование движения поездов, построение интеллектуальной системы управления движением.*

## DEVELOPMENT DIRECTIONS BASIS FOR THE INTELLECTUAL TRAINS MOVEMENT CONTROL SYSTEMS

*Kokurin Joseph M. – Doctor of Technical sciences, Professor, Main research officer of the transport systems organization laboratory associate of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, kokyrinim@mail.ru*

*Abstract. The main problems for specialists of the automatic trains' movement control are the algorithmical and mathematical descriptions for the human operators' decisions making and the trains' arrival time prognosis. The report aim is to propose basis for the intellectual trains' movement control systems design.*

*Keywords: railroad trains movement, algorithmical and mathematical descriptions, and intellectual trains movement control systems.*

Прогресс компьютерных технологий непрерывно расширяет технические возможности развития человеко-машинных интеллектуальных систем автоматизации управления движением на всех видах транспорта. На отечественном железнодорожном транспорте широко применяются и создаются системы автоматики, обеспечивающие интервальное регулирование и безопасность движения, а также автономные системы автоведения поездов.

Длины блок-участков автоблокировки (АБ) по норме должны быть не менее максимального тормозного пути поездов, обращающихся на данном участке, а использование защитных участков дополнительно увеличивает минимальное межпоездное расстояние. Это увеличивает межпоездной интервал при автоблокировке с автоматической локомотивной сигнализацией (АЛС), что снижает пропускную способность железнодорожных участков.

Комплексное локомотивное устройство безопасности унифицированное (КЛУБ-У) отображает на локомотивном светофоре показания находящегося впереди напольного светофора, контролирует разрешенную скорость движения в зависимости от показаний АЛС, бдительность машиниста, начало движения поезда и не превышение установленной скорости участка обращения локомотива.

Учитывая сложную зависимость длины тормозного пути от профиля и плана пути и различие тормозных сил поездов, машинистам приходится решать сложные задачи снижения скорости на блок-участках разной длины до требуемой скорости проезда напольного светофора с желтым огнем и до остановки перед светофором с красным огнем. При этом требуется соблюдать режим снижения скорости приближения к светофору с красным огнем и не превышать постоянные и временные ограничения установленной скорости. Высокая ответственность машинистов за превышение скорости обуславливает ее излишнее снижение, которое уменьшает пропускную способность участка и увеличивает расход энергии на тягу.

Эти задачи помогает решать система автоматического управления торможением поезда (САУТ-ЦМ), которая обеспечивает автоматическое снижение скорости поезда до установленной или до скорости проследования путевого светофора, на расстоянии тормозного пути служебного торможения, останавливает поезд перед светофором с красным огнем или разрешает его проезд со скоростью не более 20 км/ч.

Однако системы КЛУБ-У и САУТ-ЦМ сохраняют графические межпоездные расстояния, применяемые при АБ и АЛСН, необходимые для движения поездов на зеленые огни светофоров, при этом САУТ-ЦМ сокращает длительность проследования поездом блок-участков с торможением.

Система интервального регулирования движения поездов на основе спутниковых навигационных средств и цифрового радиоканала с координатным методом контроля [1] позволяет сократить межпоездные интервалы и повысить пропускную способность, что особенно важно в пригородной зоне мегаполисов. Однако это свойство системы может быть эффективно использовано при отсутствии задержек приема поездов на станции, что требует регулирования скоростей поездов с учетом прогноза времени освобождения станционных путей. Эта проблема может быть решена при создании интеллектуальной системы управления движением, объединяющей компьютерную диспетчерскую централизацию с системой автоведения поездов.

Целью данного доклада является обоснование направлений развития интеллектуальных систем автоматизации управления движением поездов на основе теории алгоритмического и математического описаний процессов принятия и выполнения решений железнодорожным оперативным персоналом и прогнозирования моментов времени прибытия поездов на станции посредством тяговых расчетов и имитационного моделирования движения.

В процессе разработки программного обеспечения для специалистов в области автоматизации остаются большие сложности составления формализованного алгоритмического и математического описаний процессов принятия решений человеком-оператором и прогнозирования моментов времени достижения подвижной единицей известных координат на маршруте движения.

До настоящего времени утверждение специалистов по инженерной психологии и гигиене труда [2] о том, что интеллектуальная деятельность железнодорожного оперативного персонала не поддается наблюдению, остается обоснованием применения приближенных эвристических методов, теории массового обслуживания и статистического моделирования для описания содержания их труда. Принятое при статистических методах представление движения в виде потоков поездов исключает возможность прогнозирования моментов времени прибытия каждого поезда на станции диспетчерского участка, что необходимо для определения станций обгонов и скрещений и планирования продвижения поездов по диспетчерскому участку.

Эти задачи успешно решаются [3], если специалист, принимающий решения по автоматизации управления движением, способен полностью выполнять все функции человека-оператора, управляющего автоматизируемым процессом. Только в этих условиях он на собственном опыте приобретает способность составлять перечень задач, решаемых человеком-оператором, и набор технологических операций, выполняемых при решении каждой задачи. Это позволяет определять источники, способы получения, обработки и передачи информации, составлять алгоритмы решения задач управления с учетом условий, возникающих при выполнении технологических операций.

Алгоритмы создают основу для разработки программного обеспечения автоматизации управления технологическими процессами и методик сбора статистических данных о затратах времени оперативного персонала на выполнение каждой технологической операции и частот возникновения условий для такой необходимости.

Эта методика [4] успешно применяется ОАО «РЖД» при оценке соответствия загрузки железнодорожного оперативного персонала утвержденной норме, определении границ зон оперативного управления движением, распределении зон управления между персоналом и расчете его численности.

Поездной диспетчер принимает и, при изменении прогнозируемых условий, корректирует принятые решения по организации продвижения каждого поезда [5], планируя станции обгона и скрещения на основе обеспечения необходимых длительностей станционных интервалов и учета приоритетов поездов. В случаях отклонений поездов от расписания основной проблемой диспетчера становится достижение приемлемой точности прогноза моментов времени прибытия поездов на станции диспетчерского участка, позволяющей создавать условия для сокращения стоянок поездов и восстановления движения по расписанию. Диспетчер принимает решения и выполняет их, управляя с помощью диспетчерской централизации стрелками и светофорами на станциях, на которых дежурные по станциям не требуются, а при наличии дежурных передает им указания о порядке пропуска поездов.

Машинист управляет поездом, руководствуясь установленными ограничениями скорости, показаниями светофоров, распоряжениями дежурных по станциям и поездного диспетчера, контролируя условия обеспечения безопасности движения, исправность поездов и инфраструктуры.

Машинист выполняет важнейшую функцию обеспечения безопасности движения, исключить необходимость в которой пока не представляется возможным. Это визуальный контроль наличия препятствий для движения, требующих остановки поезда, к которым необходимо отнести: людей, животных, посторонние предметы, подвижные средства на переездах, неисправности пути и другое.

В зависимости от размещения технических средств, которые определяют параметры движения поездов методом оперативно выполняемых тяговых расчетов, системы автоведения могут быть автономными (АВП), центральными (ЦАВ) и смешанными (САВ).

Автономная система автоведения имеет технические средства тяговых расчетов, размещаемые только на локомотивах. Поэтому она способна работать без переходов на управление машинистом в условиях организации движения поездов по расписанию, при отклонениях от расписания, но неизменяемых станциях скрещений и обгонов, а также при наличии этих изменений, но движении только в пределах перегонов.

В случае появления желтого огня на локомотивном светофоре на блок-участке перед путевым светофором, машинисты немедленно начинают снижать скорость в надежде увеличить межпоездной интервал и не допустить остановки, особенно поезда повышенной массы или длины. В этих случаях происходит излишнее снижение скорости с последующим ее увеличением, что влечет потери времени и энергии на тягу поездов и снижение участковой скорости.

При автономном автоведении [6] особенности поездов различных категорий приходится учитывать в конструкции системы. Это привело к использованию разнообразных систем автоведения: пригородных электропоездов (УСАВП), электровозов грузового движения постоянного (УСАВП-Г) и переменного (УСАВП-ГПТ) тока, пассажирских электровозов (УСАВ-П), магистральных тепловозов (УСАВП-Т), грузового поезда повышенной длины и массы (УСАВП-РТ), сдвоенного электропоезда (УСАВП-С). Многообразие систем автономного автоведения затрудняет их проектирование, изготовление, техническое обслуживание и работу машинистов.

Переход на центральное автоведение позволит устанавливать на локомотивы одинаковую для всех типов поездов упрощенную систему автоведения, на которую центр управления станет передавать по координатным скорости движения с учетом параметров и особенностей каждого поезда. Эти скорости останутся только автоматически выдерживать. Сокраще-

ние случаев излишнего снижения скоростей поездов достигается на основе уточненного прогноза моментов времени прибытия поездов на станции с помощью оперативно выполняемых тяговых расчетов и имитационного моделирования движения поездов, дополненных прогнозом моментов времени освобождения путей приема на технических станциях, который выполняет персонал этих станций и передает в систему центрального автоведения.

Широкий набор прикладных задач управления движением, включая создание системы центрального автоведения поездов и прогнозирования параметров их движения, способен успешно решать комплекс имитационного моделирования [7], взаимодействующий с микропроцессорной диспетчерской централизацией МДЦ. Основу комплекса составляет автоматизированная система выдачи времен хода (АСВВХ), разработанная ОАО «ВНЕШВУЗЦЕНТР» (Санкт-Петербург), взаимодействующая с программой тяговых расчётов ЭРА (экспертиза, расчеты и анализ) способной рассчитывать энерго-экономные режимные карты, созданной специалистами Дальневосточного государственного университета путей сообщения (Хабаровск), и системой выдачи и отмены предупреждений АСУВОП-2 .

**Вывод.** Центральные и локомотивные устройства создаваемой центральной системы автоведения поездов должны выполнять все функции рассмотренных систем интервального регулирования и автономного автоведения, дополненные системой прогнозирования моментов времени достижения поездами известных координат на пути следования, с помощью комплекса имитационного моделирования движения поездов, взаимодействующего с микропроцессорной диспетчерской централизацией.

#### *Список литературы*

1. Система интервального регулирования движения поездов на основе спутниковых навигационных средств цифрового радиоканала с координатным методом контроля. <http://poleznayamodel.ru/model/9/93766.html> poleznayamodel.ru - патентный поиск. 2012-2017.
2. Гигиена и психология труда на железнодорожном транспорте [Текст] / Под ред. А.А. Прохорова. М.: Транспорт. 1973. 263 с.
3. Кокурин И.М. Формализация расчета загрузки железнодорожных операторов. [Текст]: Вестник ВНИИЖТа / И.М. Кокурин. 983. № 5. С. 51-54.
4. Кокурин И.М. Методические указания по расчету численности работников железнодорожных станций, занятых приемом, отправлением поездов, маневровой работой и отправлением составов. [Текст]: Сб. Проектного и внедренческого центра организации труда МПС / И.М. Кокурин, А.Б. Никитин, Н.А. Сапунов [и др.]. М.: МПС. 1994. 89 с.
5. Кокурин И.М., Васильев А.Б. Автоматизация информационной поддержки принятия решений поездным диспетчером при организации движения поездов // Автоматика на транспорте. 2015. Том 1. № 2. С. 156-167.
6. avpt.ru Системы автоведения.
7. Имитационное моделирование в системе эффективности инвестиций при модернизации железнодорожного транспортного узла: монография. Пехтерев Ф.С. и др. Внешвузцентр. СПб. 2004. 195 с.

УДК 339.13

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ**

*Сергеева Наталья Геннадьевна – младший научный сотрудник*

*Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВС РФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10А, [pnagese@mail.ru](mailto:pnagese@mail.ru)*

*Дружинин Петр Владимирович – доктор технических наук, профессор*

*Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВС РФ*

191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10А, pnagese@mail.ru  
**Гуляева Ольга Анатольевна** – кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I  
190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9, denmarru@mail.ru

*Аннотация.* Рассматриваются темпы роста, динамика и структура развития рынка железнодорожных контейнерных перевозок в России. Сформулированы основные проблемы, преимущества и перспективы развития контейнерных перевозок

*Ключевые слова:* контейнерные перевозки, транспорт, рынок перевозок, логистика, железнодорожные перевозки.

## MODERN CONDITION OF THE RUSSIAN RAIL CONTAINER TRANSPORT MARKET AND PROSPECTS OF ITS DEVELOPMENT

*Sergeeva Natalya G. – research assistant,  
Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation  
Voskresenskaya Emb., 10a, St.Petersburg, 191123, Russian Federation, pnagese@mail.ru  
Druzhinin Petr B. – holder of an Advanced Doctorate, full professor,  
Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation  
Voskresenskaya Emb., 10a, St.Petersburg, 191123, Russian Federation, pnagese@mail.ru  
Gulyaeva Olga A. – Ph.D., assistant professor,  
Emperor Alexander I St.Petersburg State Transport University  
Moskovskiy prospekt, 9, St.Petersburg, 190031, Russian Federation, denmarru@mail.ru*

*Abstract.* The article deals with the growth rates, dynamics and structure of the development of the market of rail container transportation in Russia. The main problems, advantages and prospects of development of container transportations are formulated.

*Keywords:* container transportation, transport, transportation market, logistics, rail transportation

Контейнерные перевозки превратились в последние годы в отраслевой приоритет. Он зафиксирован и в ФЦП «Развитие транспортной системы РФ (2010–2020)», и в Транспортной стратегии на период до 2030 года, и в ведомственных документах РЖД, включая концепцию комплексного развития контейнерного бизнеса, утвержденную в начале 2012 года.

В 2016 году происходило уверенное восстановление российского рынка железнодорожных контейнерных перевозок, вследствие этого были полностью компенсированы потери кризисного 2015 года, и даже достигнут новый исторический максимум в 3261 тыс. двадцатифутового эквивалента (ДФЭ) (рис. 1). Темпы роста рынка составили 10,2% к уровню 2015 года по сравнению со спадом на 8% годом ранее.

На фоне неблагоприятной экономической ситуации в стране активный рост контейнерного рынка может объясняться дальнейшим развитием процесса контейнеризации, т. е. переключения контейнеропригодных грузов с автомобильного на железнодорожный транспорт, а в железнодорожной отрасли – перераспределением грузопотока в пользу контейнерных перевозок.

Железнодорожные контейнерные перевозки – один из наиболее динамичных сегментов рынка грузовых железнодорожных перевозок в России. Это обусловлено рядом факторов.

Во-первых, рынок железнодорожных контейнерных перевозок весьма молод. Как самостоятельный бизнес он стал формироваться только с 2003 года, когда в структуре еще министерства путей сообщения РФ было создано специальное подразделение по работе с контейнерами – ГУ «ТрансКонтейнер», из которого и вырос впоследствии нынешний ПАО «ТрансКонтейнер».



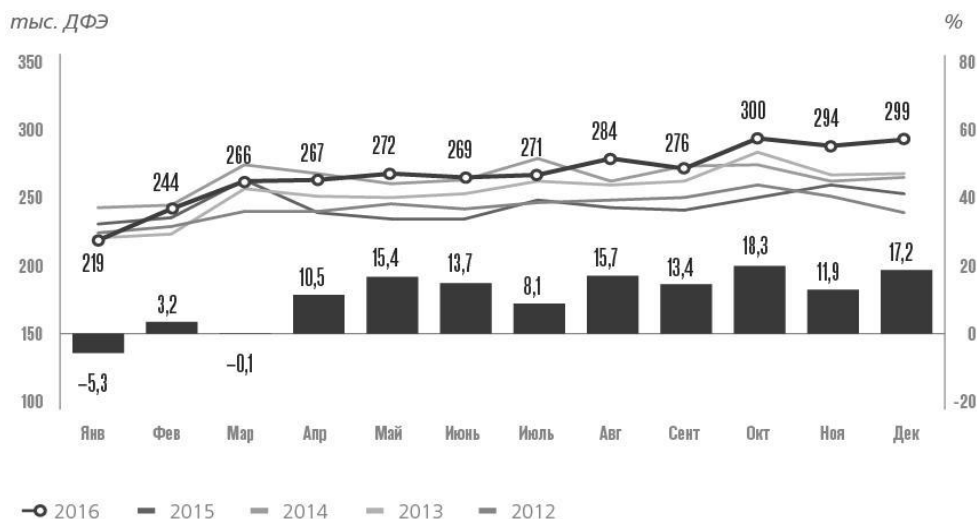


Рисунок 1 – Помесячная динамика объемов перевозок контейнеров по сети РЖД в 2012–2016 гг. [1]

Во-вторых, контейнерные перевозки – это существенно более технологичный вид перевозок по сравнению с традиционной транспортировкой. При контейнерных перевозках все погрузочно-разгрузочные операции, хранение и т.д. совершаются не напрямую с грузом, а с контейнером, что позволяет повысить степень сохранности груза, а стандартизированные размеры контейнеров обеспечивают технологичность терминальной переработки и возможность перевозки разными видами транспорта. Контейнеры наиболее востребованы в международных перевозках (где обычно задействован морской, железнодорожный и автомобильный транспорт) и в транспортировке грузов с высокой добавленной стоимостью и/или повышенными требованиями к сохранности (оборудование, потребительские товары, электроника, цветные металлы, целлюлоза и т.д.). Поэтому важнейшим драйвером роста рынка является потребительский и инвестиционный спрос, а также экспорт относительно дорогостоящих сырьевых товаров, которые в последние годы развивались более стремительными темпами по сравнению с экономикой в целом [2].

По итогам 2016 г. коэффициент контейнеризации грузов, перевозимых по сети РЖД, вырос до 5,3% по сравнению с 4,9% годом ранее (рис. 2).

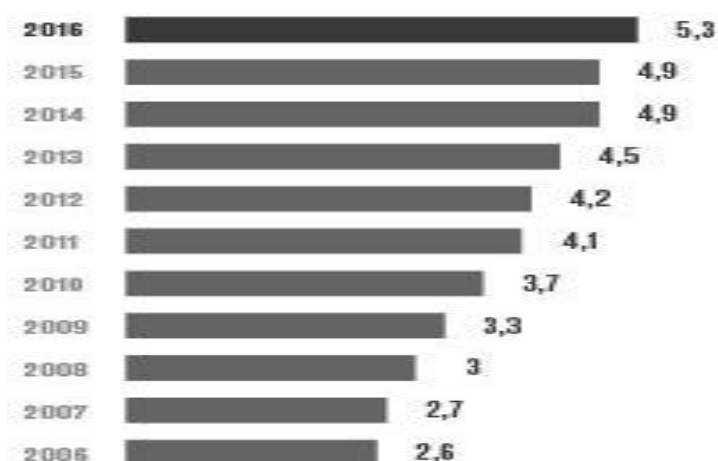


Рисунок 2 – Динамика коэффициента контейнеризации на сети РЖД, % [1]

В-третьих, технологичность контейнерных перевозок определяет очень сильное влияние на динамику контейнеризации – переключения грузоперевозок с других видов транспорта. Этот показатель устойчиво растет последние десять лет.

По итогам 2016 года было зафиксировано увеличение во всех видах железнодорожно-го сообщения: внутренние перевозки поднялись на 12% по сравнению с уровнем 2015 г., объем контейнерных перевозок в международном сообщении повысился на 8,3% (рис. 3). Наибольшее воздействие на российский контейнерный рынок оказывает динамика перевозок в направлении Восток–Запад. Самыми существенными драйверами роста международных перевозок стали перевозки в экспортном сообщении, которые увеличились на 59 тыс. ДФЭ, или на 7,9%, и транзитные перевозки, где прирост составил 18,8%, или 41 тыс. ДФЭ. Начиная со второго полугодия 2016 г. стал возобновляться контейнерный импорт, объемы которого по году в целом выросли на 22 тыс. ДФЭ, или на 4,4%.

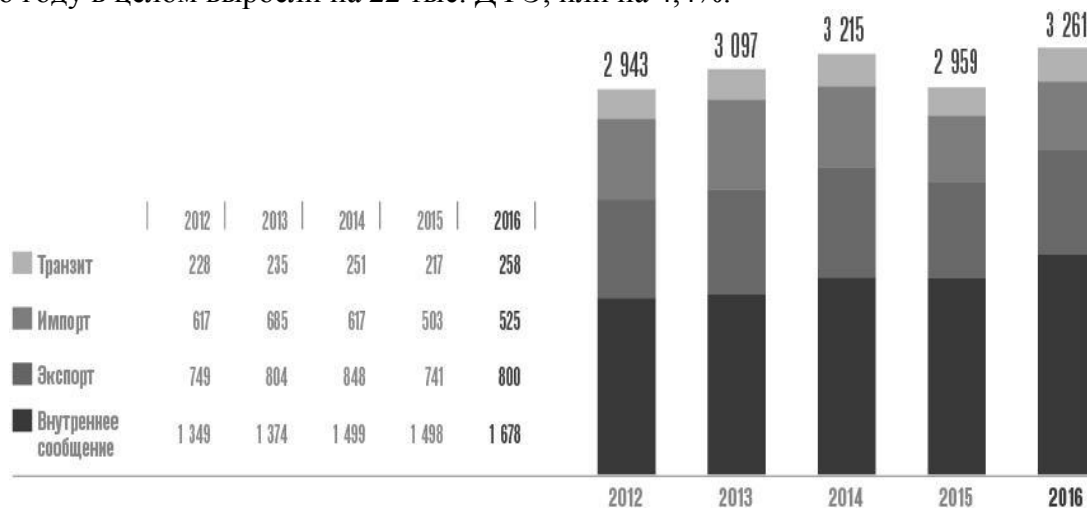


Рисунок 3 – Динамика российского рынка железнодорожных контейнерных перевозок по видам сообщений, тыс. ДФЭ [3]

Структура рынка в 2016 г. не претерпела существенных изменений: доля внутренних перевозок выросла с 50,6 до 51,5%, в основном за счет продолжающегося сокращения доли импорта, которая составила 16% по сравнению с 17% годом ранее.

Снижение объемов контейнерных перевозок импорта обусловлено введением санкций, поскольку возникла необходимость поиска новых производителей и поставщиков продукции. Также на уменьшение объема поставок воздействует снижение внутреннего спроса, вызванное стагнацией российской экономики. Данные факторы наряду с острой конкуренцией автоперевозчиков в той или иной степени тормозят рост внутрироссийских контейнерных перевозок.

Основные контейнеропотоки во внутреннем железнодорожном сообщении были сконцентрированы в направлении Центральная Россия – Сибирь, а также в пределах европейской части России. Пока основным распределительным центром России остается Москва. Но открытие новых контейнерных терминалов по всей стране понемногу передвигает центры распределения грузооборота в регионы, повышая контейнеризацию внутрироссийских перевозок.

Наибольшее увеличение в 2016 г. в разрезе товарных групп продемонстрировали контейнерные перевозки продукции химической промышленности (18%), строительные и продовольственные грузы (рис. 4).

Транзитные железнодорожные перевозки контейнеров в 2016 г. стали наиболее быстрорастущим сегментом рынка. Их объем поднялся на 18,8% к уровню предыдущего года, при этом начался процесс улучшения структуры перевозок: доля груженых контейнеров увеличилась и составила 81% по сравнению с 74% в 2015 г.

Существенный вклад в рост транзитных перевозок внесли перевозки в сообщении с Китаем, которые увеличились в 2016 г. на 89% – до 153 тыс. ДФЭ. Соответственно, доля перевозок, связанных с Китаем, в общем объеме транзита выросла с 36% в 2015 г. до 59% по итогам 2016 г. При этом перевозки в направлении Китай–Евросоюз выросли на 98%, а перевозки в направлении Евросоюз–Китай увеличились на 72,5% (с 30 тыс. ДФЭ в 2015 г. до 51 тыс. ДФЭ в 2016 г.) [1].

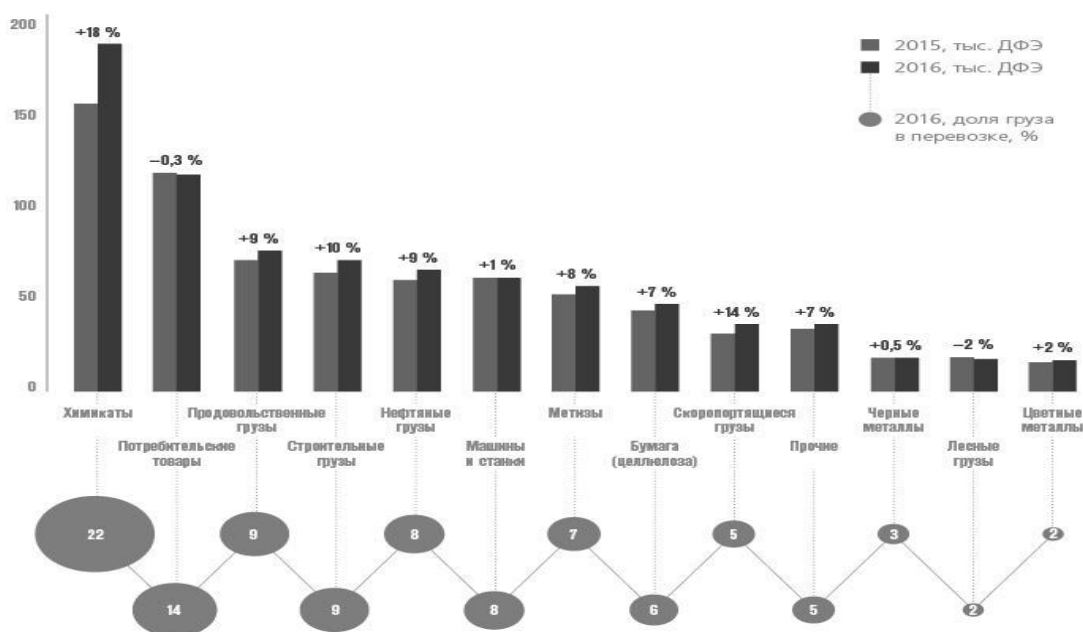


Рисунок 4 – Структура контейнерных грузоперевозок по сети РЖД во внутрироссийском сообщении по основным товарным группам [3]

Перевозки с использованием специализированных контейнеров являются перспективным видом деятельности, поскольку позволяют существенно расширить ассортимент контейнерных грузов и повысить контейнеризацию железнодорожных перевозок. Поэтому необходимо продолжать осваивать технологии, позволяющие расширять номенклатуру грузов, перевозимых в специализированных контейнерах.

Несмотря на активное развитие рынка в последние годы, уровень контейнеризации грузов в России пока отстает от развитых стран. К примеру, по железной дороге в 2013 году в контейнерах перевозилось только 4,5% грузов. Для сравнения, в Европе этот показатель – 14%, в Индии – 16%, в США – 18%. Согласно Транспортной стратегии РФ, к 2030 году доля контейнерных перевозок в общем объеме перевозок по железной дороге должна вырасти до 8,8% [2].

Проблема кроется также в степени развития рынка: если в мире контейнерные перевозки активно развиваются с 50-х годов прошлого века, то в России – только последние десять лет. За это время уровень контейнеризации в России удвоился. А то, что он отстает от других стран, обеспечивает контейнерным перевозкам потенциал для дальнейшего роста.

Для укрепления рыночных позиций необходимо расширять предложение транспортных решений «от двери до двери» и наращивать портфель комплексных транспортно-логистических решений для клиентов, создавая основу для долгосрочного сотрудничества. Для клиента важна способность оператора на рынке перевозок предложить услугу с оптимальным соотношением цены и качества.

Современные продажи неосуществимы без серьезных инвестиций в сетевые инструменты. Сегодня любой клиент ПАО «ТрансКонтейнер» может заказать на сайте [isales.trcont.ru](http://isales.trcont.ru) железнодорожную или интермодальную перевозку в любую точку России, оплатить ее банковской картой и отслеживать маршрут движения контейнера. В дальнейшем необходимо дальше распространять возможности системы iSales на оформление заказа на внутренние и международные перевозки, а также разработать соответствующие мобильные приложения для систем iOS и Android.

Так как рынок контейнерных перевозок возобновил рост, то основной задачей будет являться стремление максимально полно использовать возможности, предоставляемые сло-

жившейся рыночной ситуацией: повысить качество клиентского сервиса, развивать бизнес с существующими клиентами, закрепиться в новых рыночных нишах, таких как перевозки в специализированных контейнерах, и привлекать новых клиентов.

#### *Список литературы*

1. Официальный сайт ОАО «РЖД-Логистика» // URL: <http://rzdlog.ru>.
2. Карпов В.В., Соловьев А.А., Сергеева Н.Г. Предварительная оценка муниципальных программ социально-экономического развития города // Одиннадцатые Апрельские экономические чтения: межвуз. сб. науч. тр. Омск: ОмГУ. 2006. С. 75-77.
3. Официальный сайт ПАО «ТрансКонтейнер» // URL: <http://www.trcont.ru/ru/>

УДК 338.47:656.2 (470.1/.2)

## **О СТРУКТУРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ЕВРОПЕЙСКОМ И ПРИУРАЛЬСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ**

**Киселенко Анатолий Николаевич** – доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор, заведующий лабораторией проблем транспорта

*ФГБУН Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук*

*167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26, [kiselenko@iespn.komisc.ru](mailto:kiselenko@iespn.komisc.ru)*

**Малащук Петр Александрович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта

*ФГБУН Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук*

*167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26, [translab@iespn.komisc.ru](mailto:translab@iespn.komisc.ru)*

*Аннотация.* Рассматривается структура железнодорожных грузоперевозок на Европейском и Приуральском Севере России. Новизной работы является комплексное представление (в натуральном выражении) об объемах перевозок на рассматриваемой территории за 2014-2016 гг., с разделением на внутренние, экспортные и импортные перевозки, а также их структура по видам грузов. Приводятся характерные особенности перевозок грузов по субъектам, входящим в состав рассматриваемого региона. Делается заключение о преобладании сырья при перевозках грузов железнодорожным транспортом над продукцией глубокой переработки, в том числе идущих на экспорт.

*Ключевые слова:* железнодорожный транспорт, структура перевозок, Европейский и Приуральский Север России.

## **ABOUT STRUCTURE OF RAIL CARGO TRANSPORTATION IN THE EUROPEAN AND CISURAL NORTH OF RUSSIA**

*Kiselenko Anatoly N. – Doctor of Technical and Economics Sciences, Professor, Head of the Laboratory of transportation problem*

*Malashchuk Petr A. – PhD, senior researcher of the Laboratory of transportation problems Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Science Centre*

*Kommunisticheskaya str., 26, Syktyvkar, Respublika Komi, 167982, Russian Federation, [translab@iespn.komisc.ru](mailto:translab@iespn.komisc.ru)*

*Abstract.* The article describes the structure of railway cargo traffic in the European and Ural, North of Russia. The novelty of this work is to present in real terms the volume of traffic in the study area for 2014-2016, with division into domestic, export and import and their structure by types of goods. The characteristic features of the carriage of goods by entities that are part of the region. It is concluded that the predominance of raw materials in the transportation of goods by rail over downstream products, including for export.

*Keywords:* railway transport, transport structure, European and Ural North of Russia.

Территория Европейского и Приуральского Севера России (ЕиПСР), включающая в себя Архангельскую, Вологодскую, Мурманскую области, республики Карелия и Коми, Ненецкий автономный округ, Ямальский и Приуральский районы Ямало-Ненецкого автономного округа обладает значительным природным ресурсным и промышленным потенциалом.

Наибольшая доля в перевозке грузов принадлежит железнодорожному транспорту (без учета трубопроводного) и составляет по отдельным субъектам 70-90%. Автомобильным транспортом перевозится 10-20% грузов, водным – 8-12%, доля воздушного транспорта в грузовых перевозках составляет доли процента [1].

Объем железнодорожных грузовых перевозок ЕиПСР достаточно стабилен и составляет около 180-190 млн. тонн в год (табл. 1).

Таблица 1 – Баланс перевозок грузов железнодорожным транспортом Европейского и Приуральского Севера России за 2014-2016 гг.

Субъект РФ	Внутренние перевозки, тыс. т			Экспорт, тыс. т			Импорт, тыс. т		
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Республика Карелия	25262,62	25640,93	25487,73	11182,04	8531,51	12123,83	168,38	166,27	215,93
Мурманская область	27839,35	27178,23	30605,96	25968,4	24973,71	27942,2	548,45	621,36	503,41
Республика Коми	21498,15	19804,15	18219,98	4891,08	3918,8	2689,41	135,62	103,22	98,7
Вологодская область	43189,61	42255,32	43423,29	6513,98	7297,61	7322,97	179,77	197,49	205,72
Архангельская область	20943,69	19498,3	19761,27	4114,69	3255,87	2243,42	134,55	115,25	111,54
Итого	138733	134377	137498	52670,2	47977,5	52321,8	1166,77	1203,5 9	1135,3

Составлено на основании сайтов ОАО РЖД (<http://rzd.ru>) и Информационно-справочного портала «Железнодорожные перевозки» (<http://cargo-report.info>).

Перевозки на Приуральском Севере по участку Чум-Лабытнанги учтены в статистике по Республике Коми. Основная доля грузопотоков приходится на внутренние перевозки, т.е. в рассматриваемых регионах, между ними и соседними территориями и составляет 72-73%, на экспортные – 26-27%, импортные – менее 1%. В целом на внутренних перевозках погрузка превышает выгрузку. Это характерно для Республики Карелия (в 6,9 раз), Мурманской области (в 2,6 раза) и Республики Коми (в 2,4 раза). В Вологодской и Архангельской областях ситуация обратная [2].

В общем объеме железнодорожных перевозок наибольшая доля перевозок приходится на Мурманскую область (28-30%), Вологодскую область (25-27%) и Республику Карелия (18-19%), а наименьшая – на Архангельскую область и Республику Коми (по 11-13%).

Основной объем внутренних перевозок железнодорожным транспортом приходится на Вологодскую область (31%), а экспортных и импортных – на Мурманскую область (около 50%). В первом случае это связано с имеющейся в области мощной промышленной базой, для которой необходимо поставлять сырье и вывозить готовую продукцию, а во втором – с наличием крупного незамерзающего морского порта, позволяющего обрабатывать различные типы судов.

Структура перевозимых грузов представлена согласно Единой тарифно-статистической номенклатуре грузов. В представленной работе исключены из рассмотрения данные по каменноугольному коксу и хлебным грузам, т.к. доля их в общем объеме незначительна. Например, в 2016 г. внутренние перевозки по номенклатуре «Кокс каменноугольный» составили 0,015% от общего объема, экспортные – 0,013%, а по «Хлебным грузам» соответственно 0,206% и 0,003%.

Из общего объема грузовых железнодорожных перевозок на ЕиПСР значительная доля приходится на перевозку сырья (руда, уголь, минерально-строительные грузы) (рис. 1). Часть номенклатуры грузов включает как сырье, так и продукты его переработки (удобрения, лесные и нефтяные грузы). На долю грузов глубокой переработки приходится порядка 11% перевозок.

Структура перевозок грузов железнодорожным транспортом в разрезе субъектов ЕиПСР за 2016 г. представлена в таблице 2.

При перевозке лесных грузов учитывается как сырье в виде круглых лесоматериалов (баланс, пиловочник), так и продукция лесопереработки (пиломатериалы, ДПП, ДСП, фанера и т.п.). Продукция глубокой переработки древесины (целлюлоза, бумага, картон и др.) учитывается в графе «Прочие». Основными потребителями круглых лесоматериалов, которые составляют подавляющее большинство в перевозках, являются лесоперерабатывающие комбинаты. Архангельская область и Республика Коми используют в основном сырье из своих регионов, в Республику Карелия сырье в основном ввозится, а из Вологодской области – вывозится.

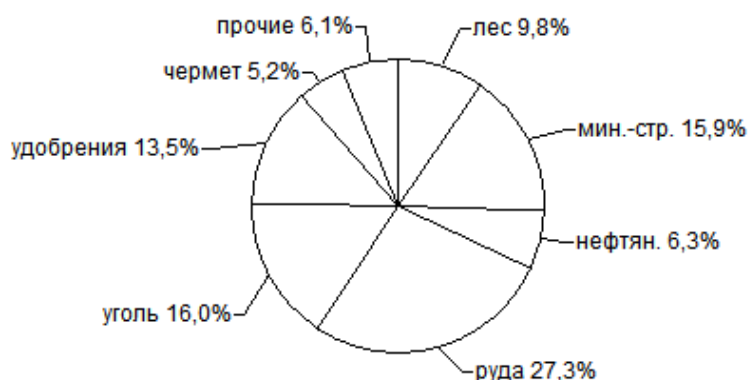


Рисунок 1 – Структура перевозок грузов железнодорожным транспортом на Европейском и Приуральском Севере

Таблица 2 – Структура перевозок грузов железнодорожным транспортом в разрезе субъектов Европейского и Приуральского Севера за 2016 г., тыс. т

Субъект РФ	Лесные грузы	Минерально-строительные грузы	Нефтяные грузы	Руды всякие	Уголь	Удобрения	Черные металлы	Прочие грузы
Архангельская обл.	9058,65	6046,11	2046,45	29,51	1543,84	28,63	708,81	2481,04
Вологодская обл.	3903,69	3469,6	520,59	13155,5	6930,24	9803,09	8281,91	4575,6
Мурманская обл.	6,06	2143,4	4507,6	19660,1	15526,7	15663,5	88,07	899,08
Респ. Карелия	2821,19	16290,3	663,46	15733,7	77,31	148,59	244,03	1614,57
Респ. Коми	2697,97	2120,06	4118,55	3065,22	6282,6	15,54	548,61	1987,16

Составляющими минерально-строительных грузов являются различные виды щебня (основным поставщиком которого является Республика Карелия), песок, глина, цемент. В Мурманской области около половины перевозок приходится на нефелиновый концентрат, который отправляется на алюминиевые заводы Ленинградской области.

На территории ЕиПСР источником нефтяных грузов (бензин, дизельное топливо, керосин, мазут, энергетические газы и др.) является Республика Коми, в которой имеется нефтеперерабатывающий завод. При этом во все рассматриваемые субъекты поставляется продукция нефтепереработки из других регионов России. Более значительные объемы перевозок в Архангельской и Мурманской областях, по сравнению с другими рассматриваемыми субъектами, объясняются наличием крупных морских портов, а также структурой топливно-энергетического баланса, в которой важную роль играют котельные на жидком топливе [3].

При перевозке руды учитываются железорудные окатыши, гематит, фэйлштейн, бокситы. Основным поставщиком окатышей, в т.ч. на экспорт, является Республика Карелия, а потребителем – Вологодская область, в которую также поступает гематит из Мурманской области. Республика Коми поставляет бокситы на алюминиевые заводы Урала.

Источником поставок угля на промышленные и энергетические предприятия ЕиПСР является в основном Республика Коми. Для обеспечения производственного процесса металлургических комбинатов Вологодской области также используется Кузбасский уголь. Он же поступает в Мурманскую область, откуда экспортируется водным транспортом.

В железнодорожных перевозках удобрения учитываются, как сырье, поступающее на химические заводы, так и их продукция. Наибольший объем приходится на Мурманскую область, в которой значительная часть соответствующих грузов составляет апатитовый концентрат, отправляемый, в т.ч. на экспорт. Крупный объем перевозок удобрений приходится также и на Вологодскую область, в которой развита химическая промышленность. Поступающий в ее адрес апатитовый концентрат из Мурманской области составляет более 75% от объема разгружаемых железнодорожных грузов, учитываемых как «Удобрения».

Значительная доля перевозок черных металлов и изделий приходится (более 80%) на Вологодскую область, в которой располагаются крупные промышленные производства, выпускающие катанку, круг, уголок, швеллер, шестигранник, судовую сталь, сталь для мостостроения, трубы и другую продукцию.

В графе «Прочие» учитывается продукция, перевозимая железнодорожным транспортом, которая по классификационным признакам не подходит для вышеописанных типов. В этой графе учитываются продовольственные товары, продукция химической промышленности (кислоты, растворители и т.п.), машины, оборудование и др.

Рассмотренная выше структура перевозок грузов железнодорожным транспортом ЕиПСР позволяет сделать вывод о преобладании сырья над продукцией переработки. Источники и потребители некоторых видов грузов большей частью находятся на рассматриваемой территории (лесные, минерально-сырьевые грузы, руда, удобрения, удобрения), что обеспечивает экономическую связанность территории. Некоторые грузы практически полностью поступают из других регионов (нефтяные). Часть грузов, особенно сырье, проходит транзитом через рассматриваемую территорию на экспорт (Кузбасский уголь в порты Мурманской области и Санкт-Петербурга).

#### *Список литературы*

1. Холопов К.В., Соколова О.В. Анализ объемов и структуры международных перевозок грузов на Российских железных дорогах в 2015 году // Российский внешнеэкономический вестник. 2016. №7. С. 98-107.
2. Регионы России. Социально-экономические показатели [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1138623506156](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156).
3. Постановление ФЭК России от 17.06.2003 №47-т/5 «Об утверждении Прейскуранта №10-01 «Тарифы на перевозки грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые российскими железными дорогами» // Справочно-правовая система «Консультант-плюс».

## **ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ МАГИСТРАЛЬ «БЕЛКОМУР»: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОЕКТА**

**Четчуев Максим Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры железнодорожных станций и узлов

**Викулов Егор Сергеевич** – факультет управления перевозками и логистики  
ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9, mts@pgups.ru

*Аннотация.* В статье изложена общая информация о железнодорожной магистрали «Белкомур»: описаны ее назначение и цель строительства, приводится краткая технико-эксплуатационная характеристика, даётся исторический обзор этапов развития. Отдельное внимание уделено проблемам в реализации проекта. В заключительной части статьи представлены сведения о дальнейших перспективах проекта.

*Ключевые слова:* Белкомур, железнодорожная магистраль, транспортный коридор, Республика Коми, Архангельская область, Пермский край.

## **RAILWAY «BELKOMUR»: HISTORY AND CURRENT SITUATION OF THE PROJECT**

*Chetchuev Maksim V. – Ph.D., associate professor of the department «Railway stations and junctions»*

*Vikulov Egor S. – faculty «Railway operation and logistics» Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

*Moskovskiy prospekt, 9, St.Petersburg, 190031, Russian Federation, mts@pgups.ru*

*Abstract.* This article contains general information about «Belkomur» railway: its destination and purpose are described, a brief technical and operational description is given and historical overview of the steps of development is given too. Special attention is paid to problems in realization of the project. The information about future outlook of project is presented in the final part of this article.

*Keywords:* Belkomur, railroad, transport corridor, Komi Republic, Arhangelsk region, Perm Region.

В основе проекта «Белкомур» заложена идея создания железнодорожной магистрали по направлению Архангельск – Сыктывкар – Пермь (Соликамск). Цель появления указанной магистрали заключается в обеспечении эффективного железнодорожного сообщения между промышленно развитыми районами Урала, Сибири и Дальнего Востока, а также сопредельных государств Азии с Северными и Северо-Западными территориями (включая Арктическую зону) нашей страны [1,2]. Частично, назначение рассматриваемой железнодорожной линии зашифровано в самом её названии «Белкомур» – транспортный коридор Белое море – Коми – Урал. По имеющимся прогнозам [2-6] железнодорожная магистраль «Белкомур» позволит:

- снизить транспортные расходы и сроки доставки грузов за счёт сокращения расстояния перевозки (ориентировочно на 800 км);
- обеспечить необходимые инфраструктурные условия для реализации инвестиционных проектов создания новых или развития существующих промышленных производств;
- интенсифицировать социально-экономическое развития территорий Арктики, Европейского Севера и Урала за счет повышения их транспортной доступности и обеспеченности;



– повысить транзитный потенциал и конкурентоспособность транспортной системы Российской Федерации в рамках международных транспортных коридоров.

Предполагаемая протяжённость железнодорожной линии «Белкомур» составляет 1161 км [1,5]. Условно, её можно разделить на два участка: Северный (от станции Архангельск до станции Микунь) и Южный (от станции Микунь до станции Пермь). Для реализации проекта в рассматриваемых границах потребуется строительство новых железнодорожных участков Сыктывкар (Язель) – Пермь (Соликамск) и Карпогоры – Вендинга общей протяженностью 712 км, а также реконструкция существующих участков Архангельск (Жаровиха) – Карпогоры и Вендинга – Микунь общей протяженностью 449 км. Схема размещения железнодорожной линии «Белкомур» представлена на рис. 1.



Рисунок 1 – Схема размещения железнодорожной линии «Белкомур»

Вопросы необходимости реализации проекта «Белкомур» является весьма актуальными и обсуждаемыми в настоящее время. Вместе с этим, следует отметить, что предположения об экономической целесообразности соединения городов Пермь и Архангельск прямым железнодорожным сообщением стали появляться более 100 лет назад.

Первые планы по строительству железной дороги между Уралом и Архангельском для экспорта российской продукции в страны Европы были озвучены ещё в начале XX века, в период интенсивного развития железных дорог в России. Но из-за изменения общей социальной, экономической и политической ситуаций в России они не были реализованы [2,7].

Непосредственно к железнодорожным работам в местах предполагаемого прохождения магистрали «Белкомур» приступили вместе с созданием Северной угольно-металлургической базы только в середине 1930-х годов [3]. К началу 1950-х годов уже были построены участки Архангельск–Карпогоры и Вендинга–Микунь, с использованием которых осуществлялось освоение лесных ресурсов региона. Работы по обеспечению Заполярья железнодорожным сообщением продолжались бы и дальше, но в 1953-1954 годах были прекращены в связи с массовым амнистированием основной рабочей силы – заключенных ГУЛАГа. Таким образом, Северная часть магистрали «Белкомур» так и не была замкнута, поскольку остался недостроенным железнодорожный участок Карпогоры–Вендинга.

В дальнейшем к идее строительства железнодорожной магистрали вернулись только в конце XX века. В 1995 году за рассматриваемой железнодорожной линией было закреплено её официальное название линии – «Белкомур» [3]. В 1996 году была создана специальная компания-оператор ОАО МК «Белкомур» [2]. С этого года проектные институты «Ленгипротранс», «Уралгипротранс» и «Гипротранс ТЭИ» (ныне акционерное общество «Институт

экономики и развития транспорта») приступили к разработке проектно-сметной документации. Впоследствии ОАО МК «Белкомур» при поддержке Министерства путей сообщений Российской Федерации и за счёт финансирования регионов-инициаторов были начаты строительные работы в Северной части магистрали на перегонах Карпогоры – Шарда (протяженность 22,2 км) и Ертом – Вендинга (протяженность 18 км) [3]. Однако, в условиях нестабильной экономической ситуации и финансового кризиса 1998 года, работы были остановлены в виду высокой стоимости затрат для реализации только силами субъектов Российской Федерации. Созданные в этот период объекты незавершенного строительства находятся в настоящее время на балансе ОАО МК «Белкомур» [2].

Следующий этап развития проекта пришёлся на середину 2000-х годов. В период с 2007 по 2009 годы по инициативе заинтересованных регионов была подготовлена Комплексная программа инфраструктурного и промышленного развития Республики Коми, Пермского края и Архангельской области, основой которой является железнодорожная магистраль от Архангельска до Перми. Согласно разработанной программе строительство новых участков железнодорожной магистрали предполагалось полностью профинансировать за счет средств Инвестиционного фонда Российской Федерации, а реконструкцию существующих выполнить за счёт инвестиционных средств ОАО «РЖД» [2]. К 2009 году проект «Белкомур» был подготовлен к реализации и прошел необходимые согласования в профильных министерствах и ведомствах [3]:

- включен в Транспортную стратегию Российской Федерации до 2030 года;
- включен в Стратегию развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 года;
- утвержден Экспертным советом Министерства транспорта Российской Федерации;
- одобрен Инвестиционной комиссией при Инвестфонде Российской Федерации, как проект, имеющий общегосударственное значение.

Несмотря на это, на фоне мирового финансового кризиса и возникших бюджетных ограничений проект был очередной раз приостановлен.

Однако следующий шаг в развитии проекта «Белкомур» был сделан уже в 2010 году [2]. Учитывая важность и значимость этого проекта Правительство Республики Коми, совместно с руководством Архангельской области и Пермского края обратилось в Правительство Российской Федерации с инициативой пересмотра общей концепции программы его реализации. Для сокращения объемов прямого финансового участия государства была выполнена проработка модели реализации проекта на принципах государственно-частного партнерства. В итоге проект «Белкомур» было предложено реализовывать в форме концессии.

В 2011 году создание железнодорожного сообщения Архангельск – Пермь включено в Стратегию развития Северо-Западного Федерального округа [3].

В октябре 2012 года основные решения по проекту «Белкомур» были актуализированы. На заседании рабочей группы ОАО «РЖД» были окончательно согласованы основные технические параметры, прогноз грузовой базы, а также определены принципы взаимодействия сторон в процессе реализации проекта [2,7]. Провозная способность формируемой линии ориентировочно оценивалась в 35 млн. тонн грузов в год. Основной объем грузовой базы по магистрали должны составлять новые грузы, при этом доля возникающих непосредственно в полигоне тяготения магистрали грузов составляет порядка 40%. Исходя из планируемой структуры грузопотока, больше половины будет приходиться на уголь. Также по магистрали предполагается возить химические и минеральные удобрения, нефтепродукты, лесные грузы и др., а также экспортные грузы, следующие из стран Северной Европы в Россию и транзитом в страны Юго-Восточной Азии.

В настоящее время проект железнодорожной магистрали «Белкомур» имеет все необходимые предпосылки и факторы для его успешной реализации. Интерес к проекту стали проявлять зарубежные инвесторы. В частности, в сентябре текущего года на сайте компании ОАО МК «Белкомур» [3] появилась информация о том, что потенциальным инвестором проекта готова выступить китайская компания Poly International Holding Co., Ltd. Ориентировочный объём инвестиций может дойти до 5,5 млрд. долларов.

### Список литературы

1. Белкомур: северная дорога к морю [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://territoryengineering.ru/infrastrukturnaya-revolyutsiya/belkomur-severnaya-doroga-k-moryu>.
2. Кобзева М. «Белкомур»: когда благие намерения превратятся в дорогу [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rbc.ru/economics/12/02/2013/570403629a7947fcbd44597c>.
3. Официальный сайт ОАО МК «Белкомур» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.belkomur.com>.
4. Ломанова Б. К строительству железной дороги «Белкомур» привлекут китайские компании [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gudok.ru/news/?ID=1374574>.
5. Презентация проектов «Белкомур» и Архангельского порта прошла в Китае [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rossaprimavera.ru/news/128102b0>.
6. Белкомур [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Белкомур>.
7. Тараканов М.А. Транспортные проекты в Арктике: синхронизация, комплексность // Вестник Кольского научного центра РАН. 2014. № 1 (16). С. 80-85.

УДК 004.94

## ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОСТЕЙ ЗАНЯТИЯ ПРИЕМО-ОТПРАВОЧНЫХ ПУТЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ С УЧЕТОМ КОЛИЧЕСТВА ПОЕЗДНЫХ ЛОКОМОТИВОВ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Тимченко Вячеслав Сергеевич** – кандидат технических наук, диспетчер ЦДС ООО «Сити Транспорт Групп-Центр»

195253, Россия, Санкт-Петербург, и. Революции, д. 58-А, [tim4enko.via4eslav@mail.ru](mailto:tim4enko.via4eslav@mail.ru)

**Ковалев Константин Евгеньевич** – кандидат технических наук, старший преподаватель

Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 5, [kovalev\\_kostia@mail.ru](mailto:kovalev_kostia@mail.ru)

Аннотация. Работа содержит описание имитационной модели железнодорожной линии в среде Anylogic. Разработанная модель позволяет производить оценку достаточности количества и численности бригад ПТО и поездных локомотивов на технической станции для пропуска, по рассматриваемой железнодорожной линии, планируемого поездопотока.

Ключевые слова: железнодорожная линия, имитационное моделирование, структура, Anylogic, техническая станция, непроездовые простои, приемо-отправочные пути, поездные локомотивы.

## ASSESSMENT OF THE TECHNICAL STATION WAYS OCCUPATION TIME TAKING INTO ACCOUNT THE NUMBER OF TRAIN LOCOMOTIVES BY METHOD OF IMITATING MODELLING

*Timchenko Vyacheslav S. – Ph.D., Dispatcher of TsDS LLC «City Transport Group-Centre»  
Revolyutsii Highway, 58-A, St.Petersburg, 195253, Russian Federation,  
[tim4enko.via4eslav@mail.ru](mailto:tim4enko.via4eslav@mail.ru)*

*Kovalyov Konstantin Ev. – Ph.D., senior teacher of St. Petersburg state transport university of the emperor Alexander I*

*Moskovskiy prospekt, 5, St.Petersburg, 190031, Russian Federation, kovalev\_kostia@mail.ru*

*Abstract. Work contains the description of imitating model of the railway line in the environment of Anylogic. The developed model allows to make assessment of sufficiency of quantity and number of crews of technical inspection of trains and train locomotives at the technical station for the admission, on considered the railway line, the planned poyezdopotok.*

*Key words: railway line, imitating modeling, structure, Anylogic, technical station, unproductive idle times, railway tracks, train locomotives.*

Поэлементный факторный анализ [1] продвижения поездопотока на грузонапряженных железнодорожных линиях показал, что более 50 % от времени нахождения грузовых поездов в пути следования составляют непроизводительные простои [2-3].

Проблема непроизводительных простоев обостряется на стыках железнодорожного и других видов транспорта. Так, в работе [4], отмечается: «Проблема взаимодействия в транспортных системах является центральной, так как именно этот аспект приводит к значительным потерям: простои подвижного состава в ожидании обслуживания, нарушение сроков доставки, несохранность груза и как следствие, к увеличению издержек на внутреннем рынке, а также к снижению транзитного грузопотока».

Длительные непроизводительные простои могут быть вызваны нарушениями в технологии работы или несоответствием технического оснащения существующим объемам перевозок. В первом случае необходимо проведение организационно-технических мероприятий, а во втором – реконструктивных.

Выбор варианта мероприятий по устранению «узких мест» на сети железных дорог, обоснование достаточности этих мероприятий или решение об отсутствии необходимости в проведении данных мероприятий является сложной технической задачей, которую в условиях интенсивного развития отраслевых информационных технологий, все чаще предлагается решать на основании имитационной экспертизы [5-6].

В статье представлена авторская имитационная модель железнодорожной линии, построенная в среде Anylogic, которая является развитием имитационной модели расчета длительностей занятия приемо-отправочных путей технических станций [7]. Модель позволяет учесть: количество приемо-отправочных путей, количество и численность бригад технического осмотра, графики обработки грузовых поездов (транзитных со сменой и без смены локомотива, следующих в переработку), а также процент поездов с вагонами, следующими в ТОР. Имитационная модель железнодорожной линии также учитывает влияние локомотивов на непроизводительные простои на технических станциях.

Необходимость выделения в структуре имитационной модели отдельных элементов для четного и нечетного поездопотоков, обрабатываемых на одной и той же станции, вызвано особенностью обработки заявок в среде Anylogic. В качестве исходных данных в рассматриваемой имитационной модели выступают грузовые поезда при движении на участках и их составы при обработке на технических станциях. Если при обработке заявок в имитационной модели структура технических станций для обработки четного и нечетного поездопотоков не были бы представлены отдельными элементами, то разложение поездопотока после обработки на станции для следования каждого поезда в соответствующем направлении движения вызвало бы значительные трудности при программировании.

Количество приемо-отправочных путей, одновременно осматриваемых составов, поездных локомотивов и численность бригад технического осмотра представлено в имитационной модели в качестве ресурсов, которые обслуживают совместно четный и нечетный поездопотоки, поэтому технология работы технической станции в имитационной модели не нарушена. Фрагмент структуры имитационной модели железнодорожной линии представлен в [8].

С помощью имитационной модели проведен ряд экспериментов со следующими исходными данными: 5 приемо-отправочных путей; 1 бригада ПТО, 2 осмотра в бригаде, 71 у.в. в составе, доля транзитных поездов со сменой локомотива – 0,3; доля транзитных поездов без смены локомотива – 0,56; доля поездов в переработку – 0,14; доля поездов с большими вагонами, от общего количество поездов – 0,1; суммарное количество поездов в сутки – 27, время между прибытием поездов на станцию задается законом распределения –  $\text{lognormal}(3.4736, 0.3928, 12)$ , мин. Имитация работы железнодорожной линии проводилась для периода в 30 суток.

Графики длительностей занятия приемо-отправочных путей технической станции при различных количествах поездных локомотивов в пунктах оборота на участках А-Б и Б-В (рис. 1-2).

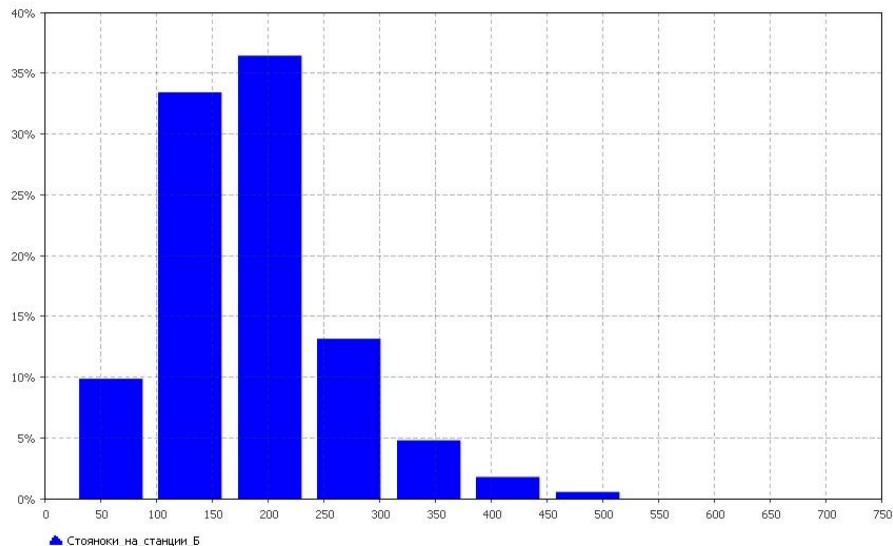


Рисунок 1 – График длительностей занятия приемо-отправочных путей технической станции Б при работе 9 поездных локомотивов на участках А-Б и Б-В

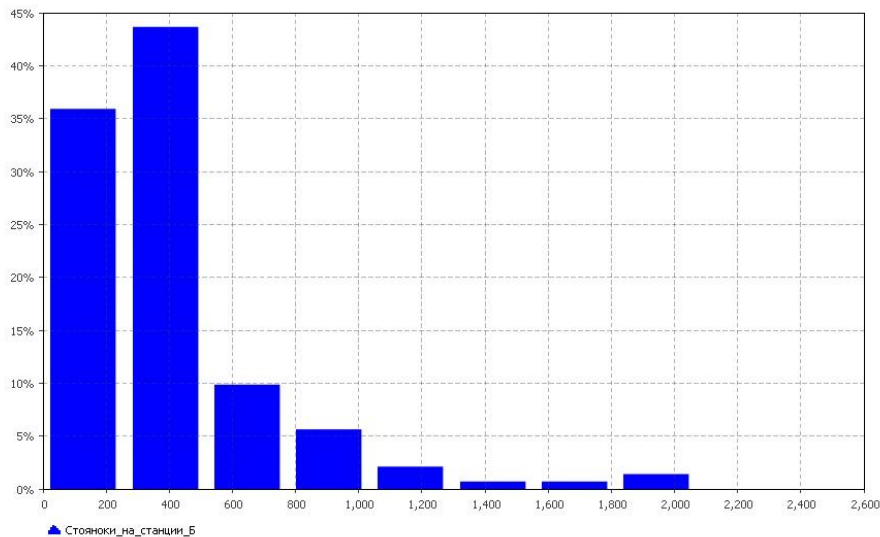


Рисунок 2 – График длительностей занятия приемо-отправочных путей технической станции Б при работе 5 поездных локомотивов на участках А-Б и Б-В

Анализ результатов имитационного моделирования показал, что средняя длительность стоянок поездов при использовании 9 поездных локомотивов составляет 184 мин, при использовании 8 поездных локомотивов – 191 мин, а при использовании 5 поездных локомотивов – 402 мин.

**Вывод.** Разработанная модель позволяет производить оценку достаточности количества и численности бригад ПТО и поездных локомотивов на технической станции для пропуска, по рассматриваемой железнодорожной линии, планируемого поездопотока.

Разработанная имитационная модель может быть унифицирована для различных технических станций, дополнена в части увеличения количества подходов и категорий поездов, обслуживаемых в парке, а также взаимодействием с другими паркам и элементами станций.

#### *Список литературы*

1. Долгоруков Д.С., Каликина Т.Н. Формирование системы прогнозирования подвода грузов к портам // Вестник транспорта Поволжья. 2012. № 2 (32). С. 39-43.
2. Тушин Н.А., Сурин А.В. Оценка увеличения пропускной способности припортовой сортировочной станции в условиях согласованной работы железнодорожного направления порта // УрГУПС. URL: [https://www.usurt.ru/uploads/data/index5/files/8\\_11/114\\_5\\_8\\_11.doc](https://www.usurt.ru/uploads/data/index5/files/8_11/114_5_8_11.doc)
3. Козлов П. А., Колокольников В. С., Сорокин В. И. Совместное использование аналитических методов и имитационных моделей // Транспорт Урала. 2016. № 3. С. 3-8.
4. Лукинский В. В., Малевич Ю. В. Проблемы оценки эффективности функционирования транспортно-логистических центров // Журнал университета водных коммуникаций. 2012. № 1. С. 216-220.
5. Козлов П.А., Осокин О.В., Тушин Н.А. От оперативных баз данных к интеллектуальной информационной среде // Вестник РГУПС. 2011. № 4 (44). С. 138–144.
6. Романова Б., Муковнина Н.А., Цыганов С.А. Влияние емкости станционных путей на простой вагона с переработкой // Вестник транспорта Поволжья. 2014. № 5 (47). С. 78-82.
7. Ковалев К.Е., Тимченко В.С. Оценка длительностей занятия приемо-отправочных путей технической станции методом имитационного моделирования // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 3. С. 43-46.
8. Тимченко В.С., Ковалев К.Е., Хомич Д.И. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте: монография / Саарбрюккен, Германия: LAP. LAMBERT Academic Publishing, 2017. 172 с.

УДК 656.222

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОНЯТИЯ КОНФИГУРАЦИИ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЧАСТКА**

**Грачев Андрей Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д.9, [aagrachev@outlook.com](mailto:aagrachev@outlook.com)

**Шутов Иван Николаевич** – кандидат педагогических наук, преподаватель

Санкт-Петербургский техникум железнодорожного транспорта – структурное подразделение ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

191180, Россия, Санкт-Петербург, Бородинская ул., д. 6, [spbshutov@gmail.com](mailto:spbshutov@gmail.com)

**Аннотация.** Рассматривается предложение оценивать пропускную способность участков железной дороги с использованием понятия конфигурации графика движения поездов. Предлагаемый подход к расчету пропускной способности позволяет сократить расходы на развитие инфраструктуры. Отдельные вопросы классической теории графика движения впервые изложены без выбора приоритетной категории поездов.

*Ключевые слова:* график движения поездов, участок железной дороги, пропускная способность, грузовой поезд, пассажирский поезд, пригородный поезд, период графика движения, конфигурация графика движения.

## APPLICATION OF THE CONCEPT OF THE TRAIN TRAFFIC SCHEDULE CONFIGURATION FOR THE ESTIMATION OF THE CAPACITY OF THE RAILWAY SECTION

*Grachev Andrey A. – Ph.D. (Tsc), Associate professor of Train Traffic Operation Department Emperor Alexander I Peterburg State transport university*

*Moskovskiy prospekt, 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, aagrachev@outlook.com*

*Shutov Ivan N. – Ph.D., Lecturer railway College*

*Borodinskaya str., 6, St.Petersburg, 191080, Russian Federation, spbshutov@gmail.com*

*Abstract.* This article describes the creation of configuration of structural schedule. Of the railroad capacity of staff instead station-to-station block offers the calculation of configuration of structural schedule. Railway lines of the train without stoping railroad capacity of increase bandwidth. Possible without cost for infrastructure development.

*Keywords:* trains traffic schedule, railway lines, railroad capacity of, freight train, passenger train, commuter train, chart period schedule, configuration of structural schedule,

Недостаток пропускных способностей на отдельных полигонах сети железных дорог России требует более тщательного подхода к их расчету. Инновационные решения эксплуатационных вопросов железных дорог могут существенно повысить эффективность этого вида транспорта [1].

Оптимизация графика движения поездов приводит к постановке таких проблемных вопросов организации перевозочного процесса, как потери участковой скорости, инфраструктурные ограничения в системе тягового обслуживания и т.п. Разрешение подобных противоречий представляет собой непростые инженерные задачи, которые решают путем трудоемких тяговых расчетов для пары поездов попутного направления. Условием оптимального построения графика движения поездов в классической теории считают разделение пары поездов тремя смежными блок-участками при езде под зеленый на зеленый или двумя – под зеленый на желтый огонь светофора. Комплекс методов имитационного моделирования движения поездов также требует сложных вычислений, что позволяет использовать современные вычислительные средства. Но этот процесс затруднен огромным массивом данных о реальном перевозочном процессе [2].

В целях точного расчета пропускной способности железнодорожных направлений предлагается использовать понятие «конфигурация графика движения поездов», которое впервые было введено при разработке методики автоматизированного составления графика движения поездов [3]. Понятие конфигурации графика позволяет преодолеть противоречие терминов перегон и участок для определения пропускной способности. Период графика рассчитывают для труднейшего перегона однопутной железнодорожной линии, а конфигурацию – для участка. Нам представляется важным подчеркнуть, что в 60-е годы в эксплуатационной науке появилось понятие, позволяющее условно отображать движение поездов во времени и пространстве на полигоне дороги.

Примеры различных конфигураций графика показаны на рис. 1 и 2.

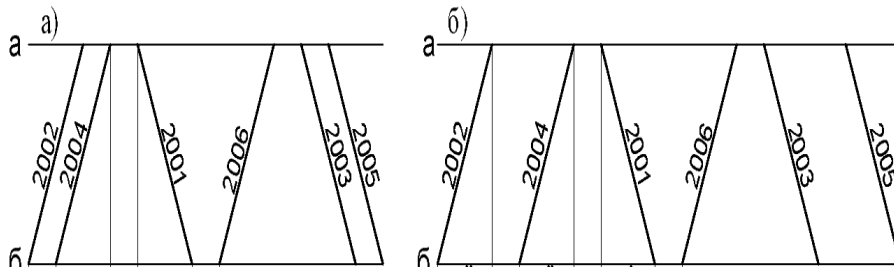


Рисунок 1 – Конфигурация парного частично-пакетного графика

Нормативными документами по разработке графика движения рекомендуется прокладывать поезда на двухпутных линиях, как правило, без обгонов [4]. Такая методика на участках железнодорожных линий смешанного движения приводит к съему поездов иных категорий.

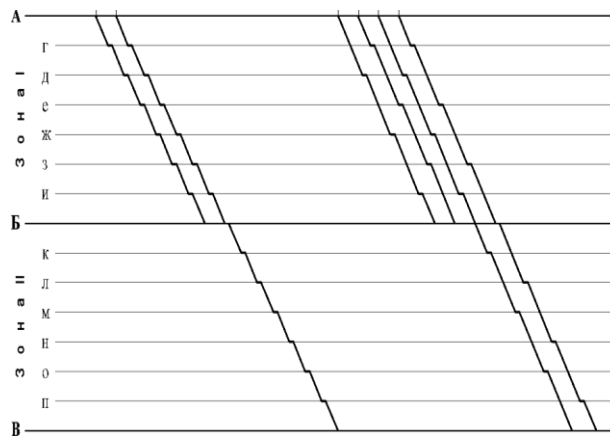


Рисунок 2 – Конфигурация параллельного «шахматного» графика на пригородном участке с двумя зонами обслуживания

Для увеличения пропускной способности участков со смешанным движением предлагается строить график отдельными фрагментами, в каждом из которых применять ту конфигурацию, которая позволит пропустить наибольшее число поездов с большей скоростью. Пример такой прокладки ниток графика показан на рис. 3.

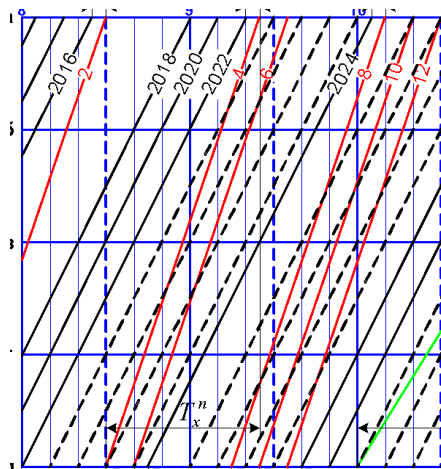


Рисунок 3 – Организация безобгонного пропуска поездов при непараллельном графике на двухпутном участке, оборудованном автоблокировкой



Использование различных конфигураций при разработке графика возможно, поскольку поезда одной и той же категории зачастую проходят в определённые периоды суток. Кроме того, на каждом участке пассажирские поезда следуют неравномерно. Эти особенности организации движения поездов подтверждают данные таблицы 1.

Таблица 1 – Максимальное число поездов в нормативном графике движения на участке Малая Вишера – Бологое в четном направлении

Применение конфигурации	Временной интервал	23.30-07.30	07.30-11.30	11.30-16.30	16.30-23.30	За сутки	
	Продолжительность интервала, мин	480	240	300	420		1440
Число поездов в интервале	Скоростные	0	3	6	6	15	
	Пассажирские	34	8	1	7	50	
	Пригородные	1	0	0	1	2	
	Грузовые	Транзитные	2	0	1	3	6
		Местные	2	1	2	3	8
Всего поездов		39	12	10	20	81	

На транзитном участке внутрисуточная неравномерность движения определяется многими условиями, например: число поездов каждой категории и их скорости, время в пути до начальных и конечных станций. Последнее обстоятельство позволяет разнести поезда разных категорий во времени, применив такую конфигурацию графика, при которой уменьшается взаимовлияние поездов и возможно движение поездов без обгонов, т.е. создание безобгонных зон в графике движения. В приведённом на рисунке 3 примере отчетливо прослеживаются два временных интервала с преобладанием скорых пассажирских и сквозных грузовых поездов.

В ходе анализа приведенных данных возник тезис, что при сосредоточении поездов отдельных категорий в определенных временных интервалах определять пропускную способность за сутки в поездах одной категории бессмысленно. Нам представляется более точным способ расчета пропускной способности за один час по числу поездов преимущественной категории. Следует подчеркнуть, что для пассажирских линий сутки давно разделены на периоды с преимущественным движением той или иной категории поездов, исходя из интересов пассажиров, вследствие чего высказанное предложение не покажется неожиданным. При реализации предложенного способа прокладки ниток графика пригородные и грузовые поезда не будут вызывать никакой сложности. Такое предположение обосновано значительными размерами пригородного движения на головных участках железнодорожных линий [5]. Как правило, эти участки многопутные, следовательно, дальние и пригородные поезда не мешают друг другу. Число грузовых поездов на пассажирских линиях невелико, что позволяет пропустить их между пакетами пассажирских поездов или при стыковании конфигураций графика.

Деление суток на периоды, в течение которых осуществляется пропуск поездов определённой категории, позволит оценить необходимость увеличения пропускной способности. Формально эту оценку можно провести, определив коэффициент использования пропускной способности как отношение реализуемых размеров движения к наличной пропускной способности:  $k=N'/N$ . Если в один из периодов  $k$  стремится к 1, то необходимо уделить внимание взаимному расположению ниток графика, изменив взаимное расположение поездов так, чтобы поезда с меньшей скоростью не влияли на поезда с большей. Так же можно увеличить число поездов в пакете. При наличии резерва пропускной способности участка между пакетами поездов преимущественной категории предлагаем пропускать поезда других категорий. Таким образом, при организации безобгонной зоны движения поездов удастся не только пропустить большее их число, но и увеличить скорость поездов всех категорий. Объясняется это тем, что в любом случае число обгонов будет невелико, поскольку в конфигурации графика число поездов, следующих по участку с разной скоростью, сведено к минимальному.

Например, пропускная способность участка Малая Вишера – Бологое в период с 23.30 до 07.30 (480 мин) составит согласно инструкции [6] 73 пассажирских поезда при необходимости пропустить всего 34. Для их пропуска при межпоездном интервале 6 мин. потребуется 276 мин. Время съема поездов иных категорий (5 поездов) – 105 мин. Для пропуска всех поездов потребуется лишь 381 мин. Полученный результат показывает, что целесообразно создать конфигурацию из 5 пассажирских и 1 иного поезда, период конфигурации составит 97 мин. При таких условиях пропускная способность участка составит 5 конфигураций, что соответствует реализуемым размерам движения.

Выбор типа, точнее конфигурации графика движения поездов относится к организационно-техническим мероприятиям по совершенствованию перевозочного процесса. Наиболее значимым понятие «конфигурация графика» становится при организации пригородного движения, т. к. главным ограничением при разработке технологии перевозочного процесса на головных участках пригородных линий остается недостаток их пропускных способностей. В таких условиях приходится жертвовать не только рациональным типом графика движения, применяя исключительно параллельный график, но и расчётными размерами движения поездов. При этом создается значительная перенаселённость составов (в Московском железнодорожном узле до 1,7). И если в Москве и, отчасти, в Санкт-Петербурге с таким подходом можно смириться, то в остальных городах подобная организация перевозок приводит к деградации пригородного железнодорожного сообщения. Особенно заметно существующее положение в условиях конкуренции пригородных поездов с автомобильным транспортом. Так, сегодня к станции Новосибирск-Главный, обслуживающей третий по величине город России, примыкает пять железнодорожных направлений, по которым курсирует ежедневно всего порядка пятидесяти пар пригородных поездов.

Классической теорией графика движения обосновано, что пропускная способность при параллельном графике больше, чем при непараллельном. Однако для пригородных линий это не всегда верно, поскольку результат зависит от взаимного расположения (конфигурации) поездов назначением на разные зоны.

Моделируя числа поездов по пригородным зонам, их взаимное расположение и элементы графика, возможно получить решение, когда пропускная способность при непараллельном графике окажется больше, чем при параллельном. Причем все преимущества непараллельного графика сохраняются. Предложенные рассуждения справедливы лишь для линий, по которым осуществляется преимущественно пригородное движение.

При разработке графика движения поездов важно размещать в конфигурации поезда различных категорий без обгонов. Варьируя порядок прокладки ниток на графике, возможно, пропустить большее число поездов, чем получено при формальном аналитическом расчете пропускной способности. Такой результат объясняется тем, что в формуле расчёта используется среднеарифметическое значение интервала между поездами. При замене среднеарифметического значения на средневзвешенное можно получить более точный результат расчета пропускной способности. Через изменение интервала возможна регулировка результатов расчёта пропускной способности.

Пример. При минимальном интервале между поездами 4 мин на участке, состоящем из четырёх зон, период конфигурации составит 16 мин. Если предположить, что в течении часа на каждую зонную станцию следует отправить 3 поезда, то для пропуска дальних или грузовых поездов остается 12 мин. Включив по одному из этих поездов в каждую конфигурацию можно пропустить как раз 3 поезда, что соответствует потребности большинства пригородных участков. Однако, учитывая возможные отклонения времени хода поездов от расчётных, а также необходимость резерва времени для регулировки отклонений от графика, реализовать предложенный сценарий не представляется возможным.

#### Список литературы

1. Осминин А. Т. Научные подходы к расчету границ полигонов управления перевозочным процессом и реализации полигонных технологий // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2017. № 2. С. 42-56.

2. Кокурин И.М. Методы оценки пропускной способности железных дорог / Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. Санкт-Петербург: ИПТ РАН. 2016. Т.2. С. 67-72.

3. Ададунова Е.В. Составление парного параллельного графика движения поездов на однопутных линиях с применением электронных цифровых вычислительных машин (ЭЦВМ) / Е.В. Ададунова, Ю.С. Хандкаров / Кибернетика и автоматизация транспортных процессов : Сборник статей / Под общ. ред. проф. А.П. Петрова и канд. техн. наук И.Я. Аксенова. Москва: Трансжелдориздат. 1960. С. 157-172.

4. Нормативы графика движения поездов. Нормы обеспечения поездов тормозами и допускаемые скорости движения поездов. Данные по весу тары и условной длине подвижного состава и специального подвижного состава / ОАО «Российские железные дороги [утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 31.12.2015. № 3218р]. Москва : ОАО «ВНИИЖТ». 186 с.

5. Артынов А.П. Пригородные пассажирские перевозки / А.П. Артынов, Н.У. Дмитриев – 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Транспорт. 1985. 161 с.

6. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог / ОАО «Российские железные дороги» [утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 31.12.2015 г. № 3218р] Москва: ОАО «ВНИИЖТ».

УДК: 625.032.8 : 681.5.015.8 + 06

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МАГНИТО-ЛЕВИТАЦИОННОЙ ВАКУУМНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

*Колесников Игорь Владимирович – доктор технических наук, доцент, заведующий научной лабораторией нанотехнологий и новых материалов научно-испытательного центра «Нанотехнологии и трибосистемы» научно-исследовательской части*

*ФГБОУ ВО Ростовский государственный университет путей сообщения*

*344038, Россия, Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, kvi@rgups.ru*

*Мартынюк Игорь Владимирович - кандидат технических наук, директор научно-исследовательского и испытательного центра «Криотрансэнерго», заведующий лабораторией испытаний криогенной техники и техногенной безопасности научно-исследовательской части*

*ФГБОУ ВО РГУПС Ростовский государственный университет путей сообщения*

*344038, Россия, Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, mnv\_kte@sci.rgups.ru*

*Аннотация. Работа посвящена анализу безопасности узлов трения трибосистем, работающих в поезде на магнитной подушке. Утверждается, что самым главным фактором, нарушающим внешнее трение в вакууме, является удаление с поверхности металла адсорбированной и окисной пленки, которая, обеспечивая положительный градиент, не дает возможности перехода к задиру. Показано, что кинетика процесса образования плёнки фрикционного переноса определяется величиной адгезии компонентов композита и направлением электрического поля на контакте и может быть удовлетворительно объяснена на основе её двухслойной модели. Сформулированы обобщенные рекомендации по выбору наполнителя и армирующих материалов. Показано, что применение металлополимерных трибосистем для скоростного подвижного состава достаточно эффективно и для узлов трения тепловозов.*

*Ключевые слова: магнитная левитация, вакуум, коэффициент трения, плёнка фрикционного переноса, металлополимерные трибосистемы, металлическое контртело, сжиженный природный газ, тепловозы.*

## CONCEPTUAL APPROACHES TO SOLVING TECHNICAL PROBLEMS OF MAGNETIC-LEVITATIONAL VACUUM TRANSPORT SYSTEM

*Kolesnikov Igor Vl. – Doctor of Technical Sciences, associate professor, head of the scientific laboratory "Nanotechnologies and new materials" of the scientific and testing center "Nanotechnologies and tribosystems" of the research part of the Rostov State Transport University*

*Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., 2, Rostov-on-Don, 344038, Russian Federation, kvi@rgups.ru*

*Martynyuk Igor Vl. – Candidate of Technical Sciences, director of the research and testing center «Criotransenergo», head of the laboratory «Testing of cryogenic equipment and technogenic safety» of the research section of the Rostov State Transport University*

*Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., 2, Rostov-on-Don, 344038, Russian Federation, mnv\_kte@sci.rgups.ru*

***Abstract.** The paper is devoted to the analysis of the safety of the friction junctions of tribosystems operating in a magnetic pillow in train. It is stated that the most important factor that disrupts external friction in vacuum is the removal of adsorbed and oxide films from the metal surface, which, providing a positive gradient, does not make it possible to switch to a seizure. It is shown that the kinetics of the process of formation of frictional transfer film is determined by the adhesion of the components of the composite and the direction of the electric field at the contact and can be satisfactorily explained on the basis of its two-layer model. Generalized recommendations on the choice of filler and reinforcing materials are formulated. It is shown that the use of metal-polymer tribosystems for high-speed rolling stock is quite effective for friction units of diesel locomotives.*

***Keywords:** magnetic levitation, vacuum, coefficient of friction, friction transfer film, metal-polymer tribosystems, metal counterbody, liquefied natural gas, diesel locomotives.*

Сегодня железным дорогам брошен вызов – сокращение времени в пути, как для пассажира, так и для груза за счет повышения скорости. Ответом на эти требования является развитие высокоскоростного пассажирского и грузового железнодорожного сообщения путем создания вакуумно-левитационных транспортных систем.

В настоящее время Китай, Япония, Южная Корея не только испытывают, но и эксплуатируют супервысокоскоростные поезда на магнитной подушке. Такие поезда носят название *Maglev* (исходит от «*magneticlevitation*») – метод движения поезда, при котором используется магнитная левитация, способная передвигать поезд по воздуху без касания с рельсовой инфраструктурой. В этой статье проведем, да еще и в вакууме.

Одной из первых технических задач, которую предстояло решить применительно к трению в вакууме, было обеспечение работы рентгеновских трубок, где в качестве узла трения был вращающийся анод (1936 год). Следующим этапом была работа по устранению отказов узлов трения космических аппаратов. Это устройство для поворота антенн, приспособления для открытия и закрытия иллюминаторов, всевозможные подшипники скольжения. Затем освоение космоса, посадка на планеты, перемещение по ним требовало от ученых решения комплекса задач по трению в вакууме. Задач появилось множество: ответить на вопрос почему коэффициент трения возрастает, происходит перегрев узла трения из-за отсутствия конвективного теплоотвода, что приводит к схватыванию трущихся поверхностей.

Проблемных узлов трения в подвижном составе для работы значительно больше, чем в вакуумных приборах и космических кораблях.

В современном представлении фрикционное взаимодействие имеет двойственную природу: механическую составляющую, обусловленную деформированием поверхностных слоев, неровностями контактирующих тел и молекулярную составляющую, обусловленную адгезионным взаимодействием трущихся тел.

Покажем, что для трибосистем, работающих в вакууме, определяющими являются адгезионные связи. Действительно, окружающая газовая среда является одним из основных факторов, определяющих ход физико-химических процессов в зоне трения. В частности, на поверхности металлов в атмосферных условиях присутствуют окисные и адсорбированные газовые пленки, предотвращающие непосредственный контакт ювенильных металлических поверхностей. В процессе трения эти пленки изнашиваются и разрушаются. Однако активное воздействие газовой среды на материал в зоне трения приводит к их регенерации. Поэтому закономерности трения на воздухе определяются в первую очередь свойствами поверхностных пленок. При вакуумировании давление и состав газовой среды изменяются. Динамическое равновесие адсорбционных пленок с газовой средой нарушается, и происходит их десорбция. Образование окисных пленок затрудняется. Поэтому при трении в вакууме рабочая поверхность через некоторый промежуток времени очищается от различных загрязняющих пленок. Возникает контакт ювенильных поверхностей и обычно происходит интенсивное схватывание. Трение сопровождается повышенным выделением тепла. Интенсифицируются процессы упрочнения и разупрочнения, фазовые переходы. Резко возрастает роль материала, его структуры, продуктов износа. Действительно, образование защитных пленок на контактирующих поверхностях определяется процессом окисления металлов, который обусловлен хемосорбцией кислорода из воздуха и позволяет атому кислорода приблизиться к атомам металла настолько, чтобы между ними произошел обмен валентными электронами. При этом на поверхности металла образуется окисленная пленка толщиной в несколько ангстрем. Наличие такой пленки приводит к ускорению процесса окисления, который продолжается до тех пор, пока толщина пленки не достигнет нескольких десятков ангстрем. После этого скорость окисления резко уменьшается, однако процесс приостанавливается через несколько сотен часов.

Таким образом, можно утверждать, что самым главным фактором, нарушающим внешнее трение в вакууме, является удаление с поверхности металла адсорбированной и окисной пленки, которая, обеспечивая положительный градиент, не дает возможности перехода к задиру.

В связи с этим обеспечение работы узлов трения в вакууме является проблемой создания на поверхности трения любыми путями необходимой защитной пленки.

В этом плане весьма перспективным является использование в вакуумной среде металлополимерных трибосистем, которые, при определенных условиях, образуют на металлическом контртеле защитную пленку фрикционного переноса.

В работе [1] подробно изложены установленные закономерности формирования плёнки фрикционного переноса (ПФП) полимерных композитных материалов на металлическое контртело. Показано, что кинетика процесса образования ПФП определяется величиной адгезии компонентов композита и направлением электрического поля на контакте и может быть удовлетворительно объяснена на основе её двухслойной модели.

Здесь же сформулированы обобщенные рекомендации по выбору наполнителя и армирующих материалов:

– для узлов трения фрикционного назначения основным условием исключения повышенного износа и переноса металла на сопряженную поверхность полимерного композита является создание отрицательной трибозарядки на полимере, а для металлического контртела – наличие в нем легирующих и примесных элементов, способствующих повышению энергии межзеренных границ;

– для узлов трения антифрикционного назначения главным критерием обеспечения минимального коэффициента трения и высокой износостойкости следует считать способность образовывать на поверхности металлического контртела двухслойную плёнку;

– для узлов трения покоя, работающих в режиме предварительного смещения, главным критерием обеспечения высокой износостойкости следует считать высокие демпфирующие свойства.

Учитывая все сказанное, можно заключить, что в основу модели трения скольжения в вакууме при контакте металла с полимером необходимо закладывать и изучение таких про-

цессов, как трибоэлектризация, деструкция полимеров с их способностью генерировать при трении активные продукты и трибохимические реакции, а также изучения процессов трения при низких температурах.

В заключении хотелось бы затронуть еще одну проблему. В стране более 47 тыс. км не электрифицированных дорог. Это более 50% всей железнодорожной инфраструктуры (86, 151 тыс. км). В результате в РФ в настоящее время тепловозами осуществляется около 25% общего объема перевозок грузов. Поэтому железнодорожный транспорт является одним из крупнейших потребителей нефтепродуктов в России (это около 9% от общего потребления ДТ в стране). Затраты на ДТ для тепловозов составляют около 8% общих эксплуатационных расходов в локомотивном хозяйстве компании. Более низкие цены на СПГ (сжиженный природный газ) по сравнению с ДТ определяют интерес к переходу на СПГ. И поэтому не случайно 25 апреля 2017 года состоялся НТС РЖД под председательством президента компании О.В. Белозерова. Главным тезисом НТС был: «Использование СПГ в качестве топлива является одной из приоритетных ресурсосберегающих технологий на ж.д. транспорте».

Все предложения по применению металлополимерных трибосистем, изложенные выше для скоростного подвижного состава, достаточно эффективны и для узлов трения тепловозов.

Исследования выполнены за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-29-00116) в Ростовском государственном университете путей сообщения

This work is supported by the Russian Science Foundation under grant 14-29-00116 and performed in Rostov State Transport University

#### *Список литературы*

1. Колесников И. В. Системный анализ и синтез процессов, происходящих в металлополимерных узлах трения фрикционного и антифрикционного назначения: монография / И. В. Колесников. РГУПС. М.: ВИНТИ РАН. 2017. 384 с.

2. Мартынюк И.В. О разработке принципов и методов прогнозной оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте // Наука и техника транспорта. 2006. № 4. С. 52-58.

УДК 629.439:4.027.3:621.313.282:538.945

## **РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ МАГНИТНЫХ ПОДВЕСОВ ДЛЯ ЛЕВИТАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Арсланова Дарья Николаевна – математик*

*Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова»*

*196641, Россия, Санкт-Петербург, Дорога на Металлострой, д.3,  
sytych@sintez.niiefa.spb.su*

*Овсянников Дмитрий Александрович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой*

*Санкт-Петербургский государственный университет*

*199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9, dovs45@mail.ru*

*Сычевский Сергей Евгеньевич – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, профессор*

*Санкт-Петербургский государственный университет*

*199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., д.7/9*

*начальник отдела*

Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова»  
196641, Россия, Санкт-Петербург, Дорога на Металлострой, д.3,  
syтч@sintez.niiefa.spb.su

Аннотация. Описывается действующий макет левитационной транспортной системы на основе комбинированного магнитного подвеса с электромагнитами и постоянными магнитами. Устойчивая левитация системы обеспечивается за счёт активного управления электромагнитами. Применение постоянных магнитов снижает энергопотребление. Испытаны макеты магнитов из высокотемпературных сверхпроводников второго поколения, повышающих управляемость системы. Результаты измерений совпадают с расчётами. Проверена эффективность созданных алгоритмов управления. Программы разработаны и зарегистрированы в РФ, получены 5 патентов РФ, производство, включая основные материалы и оборудование, может быть локализовано в России.

Ключевые слова: магнитная левитация, электромагнитный подвес, постоянные и сверхпроводниковые магниты, действующие макеты.

## DESIGN AND TESTING OF EXPERIMENTAL HYBRID EMS FOR MAGNETICALLY LEVITATED TRANSPORT

Arslanova Daria N. – mathematician, «D.V. Efremov Institute of Electrophysical Apparatus»

Doroga na Metallostroy, 3, St.Petersburg, 196641, Russian Federation,  
syтч@sintez.niiefa.spb.su

Ovsyannikov Dmitriy Al. – DSc., professor, department chairman, St. Petersburg State University

Universitetskaya Emb., 7/9, St.Petersburg, 199034, Russian Federation, ovs45@mail.ru

Sytchevsky Sergey Ev. – DSc., senior scientist, professor, St. Petersburg State University,

Universitetskaya Emb., 7/9, St. Petersburg, 199034, Russian Federation

Head of department «D.V. Efremov Institute of Electrophysical Apparatus»

Doroga na Metallostroy, 3, St.Petersburg, 196641, Russian Federation,  
syтч@sintez.niiefa.spb.su

Abstract. A prototype of a hybrid electromagnetic suspension (EMS) system for magnetically levitated vehicles is presented. The system utilizes electromagnets, permanent magnets (PM) and hot-temperature superconducting (HTSC) magnets. The onboard electromagnets with active control provide stable levitation of a test platform. The use of PMs and HTSC magnets reduce the energy consumption and enhance controllability. A series of tests has been performed to assess the EMS performance and verify developed control algorithms. National patents and certificates on the software and design solutions, as well as possible procurement sources for materials and equipment, make it possible to localize manufacture in RF.

Keywords: magnetic levitation, electromagnetic suspension, permanent magnets, superconducting magnets, prototype.

Принципы построения магнито-левитационных систем, как и принципы работы активных магнитных подшипников, хорошо известны, предложены, в частности, в основополагающих работах советских и российских авторов [1-4] более 25-35 лет назад. Появление новых магнитных материалов, развитие технологий создания магнитных систем, прогресс в развитии вычислительной техники, датчиков, систем обработки данных и т.п. позволяет подойти к анализу практической возможности создания различных систем подвеса. Действующий макет системы левитации и стабилизации движения демонстрирует возможность практического применения электромагнитного подвеса для построения соответствующих транс-

портных технологий. Разработанный совместно АО «НИИЭФА» и СПбГУ макет (рис. 1-2) обеспечивает многочасовую устойчивую левитацию значительного груза. Будучи одним из первых в РФ, макет функционирует в режиме активного управления комбинированным магнитным подвесом, содержащим электромагниты (ЭМ) с регулируемым током возбуждения и высококоэрцитивные постоянные магниты (ПМ). Такая комбинация магнитов приводит к существенному снижению энергопотребления по сравнению с существующими «классическими» схемами.

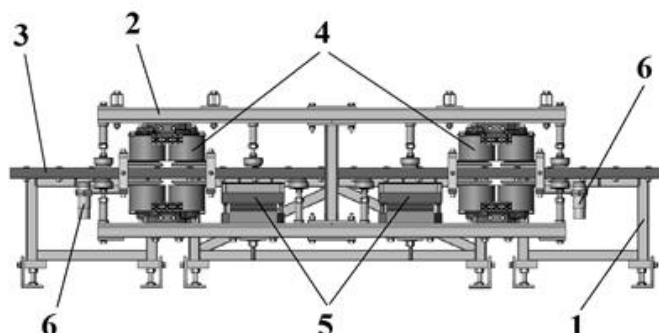


Рисунок 1 – Фотореалистическое изображение путевой структуры и левитирующего модуля с установленными магнитами: 1 – путевая структура, 2 – левитирующий модуль, 3 – ферромагнитные направляющие, 4 – электромагниты, 5 – опорные магниты с ПМ, 6 – датчик измерения зазора.

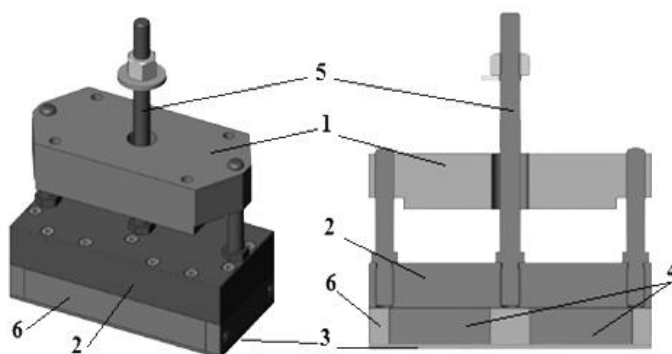


Рисунок 2 – Фотореалистическое изображение блока постоянных магнитов; слева – 3D модель блока, справа – вид блока в разрезе: 1 – узел крепления, 2 – стальной магнитопровод, 3 – нижняя пластина корпуса ПМ, 4 – ПМ, 5 – шилька подвеса блока, 6 – корпус ПМ

Разработан и испытан макет магнита на основе высокотемпературных сверхпроводников, применение которого в системе комбинированного подвеса (одновременно с электромагнитами и постоянными магнитами) существенно повышает гибкость и управляемость.

Важнейшим элементом создания работоспособных в практических условиях магнитных подвесов является разработка алгоритмов управления такими системами.

Комбинированной системе присуща нелинейная зависимость подъёмной силы от величин тока в магнитах и левитационного зазора. Степень нелинейности усиливается наличием магнитных электротехнических и конструкционных сталей. Оптимизация конструкции и режимов работы такого подвеса требует детальных расчётов с использованием 3D моделей. Эти модели должны включать описание источников поля, токопроводящих элементов путевой структуры и учитывать ферромагнитные элементы экипажа и путевой структуры.

Разработанная ранее вычислительная технология анализа, синтеза и оптимизации магнитных систем электрофизических установок [5-6] была адаптирована и обеспечила надёжное масштабирование параметров подвесов в требуемом на практике диапазоне изменения их параметров.



Применение такого подхода позволило существенно уменьшить размеры макетов и, как следствие, радикально сократить затраты на материалы, изготовление и оснастку по сравнению с полномасштабными изделиями. При этом в макетах близки к реальным величинам левитационный зазор, магнитная индукция в зазоре, быстродействие и точность системы контроля и управления левитационным зазором, а также параметры системы питания электромагнитов.

В качестве основных параметров при разработке среднemasштабных макетов были приняты: левитационный зазор, 5 мм, размер по осям ферромагнитных направляющих, 500 мм, размеры направляющих, 25x50 мм, собственный вес левитирующего модуля, не более 120 кг, суммарная нагрузка на систему левитации, не менее 250 кг.

Основные задачи, которые решались в процессе работ на макетах сводились к следующим:

(1) минимизация удельных энергетических затрат, которые характеризуются параметром  $P_e$  – удельной величиной мощности, затрачиваемой на обеспечение левитации единицы веса груза (Вт/ Н);

(2) синтез оптимальных конфигураций ЭМ, которые создают наибольшую левитационную силу на единицу веса ЭМ;

(3) проверка общей концепции и элементов системы с магнитным-подвесом на соответствие требованиям энергосбережения и экологической безопасности;

(4) оптимизация технологий изготовления, как отдельных элементов системы магнитного подвешивания, так и системы в целом;

(5) проверка эффективности разработанных алгоритмов управления подвесом;

(6) отладка макетов системы контроля левитационного зазора и систем питания ЭМ в статическом режиме и при изменении весовой нагрузки.

На макете были проверены разработанные СПбГУ и АО «НИИЭФА» алгоритмы управления комбинированными подвесами, которые используют информацию о величинах левитационных зазоров и обеспечивают генерацию управляющих сигналов для систем питания магнитов. Проблема усложняется наличием нелинейной зависимости подъёмной силы от величины эффективного левитационного зазора, которая обуславливается, помимо нелинейности свойств магнитных материалов, наличием высококоэрцитивных постоянных магнитов, а также, возникновением колебаний, специфических для систем содержащих постоянные магниты. Испытания показали устойчивую работу алгоритмов управления и всех систем, что позволяет перейти к разработке полномасштабного прототипа левитационной системы, грузоподъёмностью около 50 тонн.

Анализ результатов работ с макетами подтвердил выводы основополагающих работ [2-4], а сопоставление результатов натуральных измерений с данными вычислительных экспериментов показало их совпадение с требуемой точностью.

Как итог работы, предложена концепция комбинированного магнитного подвеса левитационного транспорта, опирающаяся на технологии, разработанные в РФ.

Математическое моделирование дополнено экспериментами с использованием натуральных моделей различного масштаба. Работа с моделями подтвердила, в частности, достоверность используемой вычислительной технологии. Это позволяет определить характеристики электромагнитного подвеса и сформировать облик системы, отвечающей требованиям энергоэффективности.

Все программные продукты разработаны и зарегистрированы в РФ; по результатам работ получены патенты РФ; для расчетов используется супер-ЭВМ РФ; производство систем, включая основные материалы и оборудование, может быть локализовано практически полностью на территории России.

#### *Список литературы*

1. Журавлёв Ю.Н. Активные магнитные подшипники. Теория, расчет, применение. // СПб: Политехника. 2003. 206 с.

2. Транспорт с магнитным подвесом. / Под ред. В.И. Бочарова, В.Д. Нагорского. М.: Машиностроение. 1991. 320 с.

3. Дзензерский В.А., Омельяненко В.И., Васильев С.В., Матин В.И., Сергеев С.А. Высокоскоростной магнитный транспорт с электродинамической левитацией // Киев: Наукова думка. 2001. 480 с.

4. Ким К.К. / Системы электродвижения с использованием магнитного подвеса и сверхпроводимости // Монография. Москва: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 2007. 360 с.

5. Amoskov V.M., Belov A.V., Belyakov V.A., Belyakova T.F., Gribov Yu.V., Kukhtin V.P., Lamzin E.A., Sytchevsky S.E. // Plasma Devices and Operations. 2008. Vol. 16. No. 2. P. 89-103.

6. Belov A.V., Belyakova T.F., Gornikel I.V., Kukhtin V.P., Kuchinsky V.G., Lamzin E.A., Semchenkov A.G., Shatil N.A., Sytchevsky S.E. // IEEE Transact.on Appl. Supercond. 2008. Vol. 18. No. 2. P. 1609-1612.

УДК 629.439:4.027.3:621.313.282:538.945

## **РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПОЛНОМАСШТАБНЫХ ПРОТОТИПОВ УПРАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ЛЕВИТАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ**

**Беляков Валерий Аркадьевич** – доктор физико-математических наук, профессор  
Санкт-Петербургский государственный университет  
199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9  
Заместитель генерального директора по термоядерным и магнитным технологиям  
Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт электрофизической  
аппаратуры им. Д.В. Ефремова»

196641, Россия, Санкт-Петербург, Дорога на Металлострой, д. 3

**Неженцев Андрей Николаевич** – ведущий конструктор  
Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт электрофизической  
аппаратуры им. Д.В. Ефремова»

196641, Россия, Санкт-Петербург, Дорога на Металлострой, д. 3, [syтч@sintez.niiefa.spb.su](mailto:sytch@sintez.niiefa.spb.su)

**Сычевский Сергей Евгеньевич** – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, профессор

Санкт-Петербургский государственный университет,  
190000, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9

Начальник отдела

Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт электрофизической  
аппаратуры им. Д.В. Ефремова»

196641, Россия, Санкт-Петербург, Дорога на Металлострой, д. 3, [syтч@sintez.niiefa.spb.su](mailto:sytch@sintez.niiefa.spb.su)

*Аннотация.* Разработанный совместно АО «НИИЭФА» и СПбГУ макет является одним из первых в РФ, который обеспечивает функционирование и активное управление комбинированной магнитной системой левитационного подвеса. Система состоит из электромагнитов с управляемым током питания, постоянных и сверхпроводниковых магнитов. Созданы прототипы полномасштабных электромагнитов, обеспечивающих левитацию платформы грузоподъемностью до 10 Тонн, и испытаны на макетах. Сопоставление измерений с данными численных экспериментов показало их совпадение с требуемой точностью. Разработанная вычислительная технология обеспечивает масштабирование магнитных левитационных систем в зависимости от их грузоподъемности.

*Ключевые слова:* магнитная левитация, транспортные технологии, электромагнитный подвес, действующие макеты и прототипы.

## MODELLING AND TESTING OF ELECTROMAGNETS FOR MAGLEV TRANSPORTATION

*Belyakov Valery Ar. – DSc., Professor, Professor, St. Petersburg State University  
Universitetskaya Emb., 7/9, St. Petersburg, 199034, Russian Federation  
Deputy director general for fusion and magnet technologies, «D.V. Efremov Institute of Electrophysical Apparatus»  
Doroga na Metallostroy, 3, St. Petersburg, 196641, Russian Federation*

*Nezhentzev Andrey N. – senior design engineer, «D.V. Efremov Institute of Electrophysical Apparatus»  
Doroga na Metallostroy, 3, St. Petersburg, 196641, Russian Federation*

*Sytchevsky Sergey Ev. – DSc., senior scientist, professor, St. Petersburg State University  
Universitetskaya Emb., 7/9, St. Petersburg, 199034, Russian Federation  
Head of department, «D.V. Efremov Institute of Electrophysical Apparatus»  
Doroga na Metallostroy, 3, St. Petersburg, 196641, Russian Federation,  
sytych@sintez.niiefa.spb.su*

*Abstract.* A scaled prototype of a hybrid electromagnetic suspension (EMS) system for maglev transportation has been designed that utilizes active control electromagnets, permanent magnets and superconducting magnets. Models of the levitation electromagnets for platform at a load up to 10 tons have been developed and verified in numerical simulations and experiments. The simulated and measured data were demonstrated to agree with desired accuracy. An original computational technique was validated that ensures reliable scaling of operational parameters of levitated vehicles with respect to their load capacity.

*Keywords:* magnetic levitation, transportation technology, electromagnetic suspension, models, prototype.

Цель работы состояла в проектировании, изготовлении и испытании прототипов электромагнитов, входящих в магнитную систему левитационного подвеса. Обсуждаемый комбинированный (гибридный) подвес должен содержать управляющие электромагниты, постоянные (ПМ) и сверхпроводниковые (СП) магниты. Подвес должен обеспечивать левитацию тележки с грузом общим весом 10-12 тонн. Управление каждым электромагнитом осуществляется с помощью источников тока. Величины токов рассчитываются компьютеризированным блоком управления на основе данных анализа величин левитационных зазоров. Зазоры в реальном масштабе времени измеряются в нескольких точках специальной системой.

Практическая работа с изготовленными и действующими прототипами полномасштабных управляющих электромагнитов подтвердила необходимость построения детальных пространственных вычислительных моделей, описывающих распределения магнитных полей, пондеромоторных сил, тепловыделений, напряжений, деформаций и т.п. Эти модели также необходимы для построения алгоритмов управления, обеспечивающих устойчивую, постоянную, длительную левитацию системы для всех режимов движения.

В отличие от систем электродинамических подвесов, требующих моделирования вихревых токов, для анализа электромагнитного подвеса могут быть успешно применены методы расчёта магнитостатических полей.

Для всех марок сталей выполнялись измерения магнитной проницаемости на базе специального измерительного оборудования и методик, разработанных в АО «НИИЭФА» [1]. Это позволяет учесть нелинейные магнитные свойства сталей и осуществить выбор оптимального материала.

Испытания проводились, как собственно только прототипов магнитов, так и системы, состоящей из электромагнитов, подсистем измерения зазоров, питания, управления, сбора и

накопления информации. На первом этапе измерения проводились, для уменьшенного макета электромагнита (рис.1), устанавливаемого на измерительное устройство (рис.2).



Рисунок 1 – Фотореалистичское изображение 3D модели электромагнита

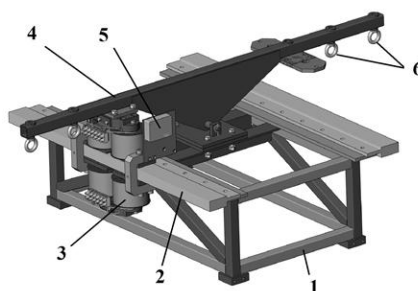


Рисунок 2 – Общий вид макета для исследования величины силы притяжения магнитов к ферромагнитной направляющей (ФН) (1 – каркас, 2 – ФН, 3 – измеряемый магнит, 4 – коромысло, 5 – лазерный датчик, 6 – крепление для груза)

В качестве иллюстрации на рис. 3 приведены результаты сопоставления данных измерений и численного моделирования подъемной силы электромагнита. Получено совпадение с требуемой точностью. На следующих этапах измерения проведены для полномасштабных прототипов магнитов (рис. 4). Как итог, достигнута устойчивая левитация, системы, состоящей из двух электромагнитов и с редуцированным числом степеней свободы.

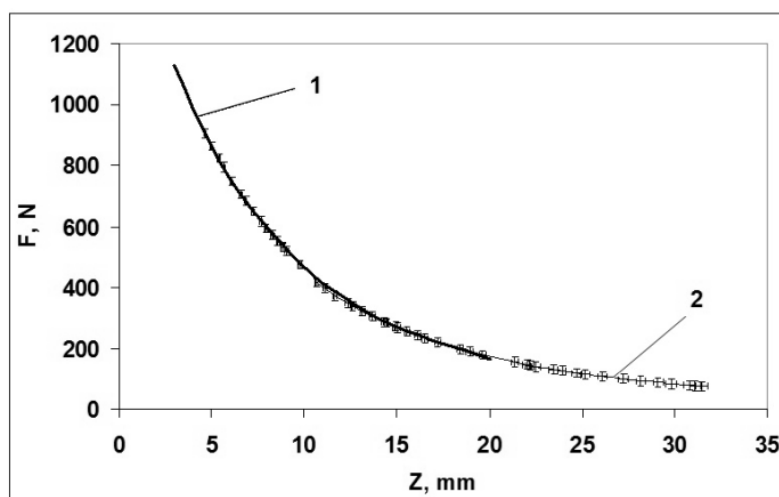


Рисунок 3 – Результаты измерения и расчета силы притяжения электромагнита при заданном постоянном токе к ФН путевой структуры: 1 – расчёт, 2 – измерение (с оценкой погрешностей измерения)

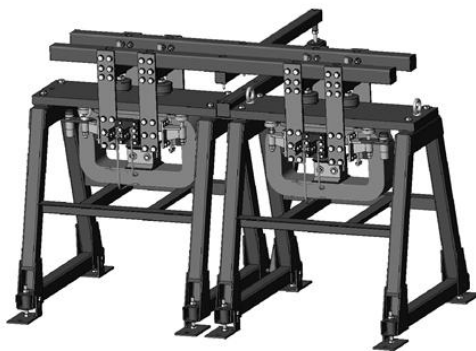


Рисунок 4 – Фотореалистичское изображение электромагнитов и элементов путевой структуры для полномасштабного прототипа управляющих магнитов

На базе АО «НИИЭФА» создан стенд для исследования разрабатываемых совместно с СПбГУ алгоритмов управления подвесом, включая, возможные нештатные и аварийные ситуации.

Проведённые работы продемонстрировали возможность реализации системы магнито-левитационного подвешивания платформ, общий вес которых может составлять 50-60 тонн.

#### *Список литературы*

1. Беляков В.А., Кухтин В.П., Ламзин Е.А., Ларионов М.С., Сычевский С.Е., Фирсов А.А., Шатиль Н.А. // Вопросы атомной науки и техники, серия «Электрофизическая аппаратура». 2010. № 5 (31). С. 101-109.

## **ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХПРОВОДНИКОВЫХ МАГНИТОВ НА ОСНОВЕ ВТСП-2 В ПОДВЕСАХ ЛЕВИТАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

*Запретилина Елена Руслановна – кандидат технических наук, начальник лаборатории*

*Родин Игорь Юрьевич - кандидат технических наук, начальник отдела*

*Сафонов Александр Владимирович – начальник испытательного стенда*

*Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова»*

*196641, Россия, Санкт-Петербург, Дорога на Металлострой, 3, sytch@sintez.niiefa.spb.su*

Аннотация. Сотрудниками АО «НИИЭФА» разработан комбинированный электромагнитный подвес с пониженным энергопотреблением для магнито-левитационных транспортных систем с использованием постоянных и нормально проводящих электромагнитов [1]. Постоянные магниты (ПМ) выполняют основную грузонесущую нагрузку подвеса и называются опорными магнитами. Нормально проводящие электромагниты (НПМ), предназначены для контроля зазора между левитирующим модулем и ферромагнитными направляющими, а также для боковой стабилизации модуля. Для уменьшения габаритов левитационного подвеса, а так же для регулирования зазора, рассматривается система с заменой ПМ на сверхпроводниковые магниты (СМ) [2]. Преимуществом СМ по сравнению с ПМ, является возможность регулировки подъемной силы при помощи плавного изменения рабочего тока, а по сравнению с нормально проводящими магнитами - значительное уменьшение энергопотребления и массогабаритных характеристик, вследствие увеличенной плотности тока в сверхпроводниковых магнитах [3].

Ключевые слова: высокотемпературные сверхпроводниковые магниты, токовводы, левитационная транспортная система.

## **APPLICATION OF SUPERCONDUCTIVE MAGNETS BASED on HTS-2 IN THE SUSPENSION OF LEVITATION TRANSPORT SYSTEM**

*Zapretilina Elena R. – Ph.D., Head of laboratory BL-3*

*Rodin Igor Yu. - Ph.D., Head of department BI-2*

*Safonov Aleksandr V. – Head of stand BL-2*

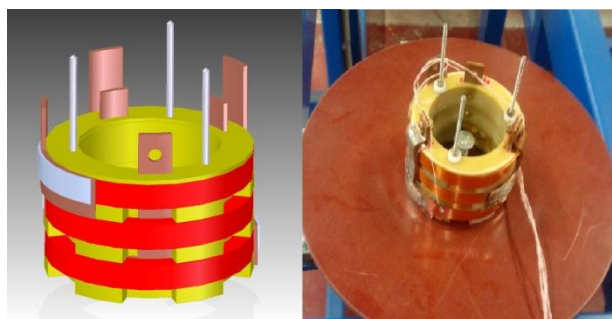
*JSC D.V. Efremova Institute of electrophysical apparatus*

*Doroga na Metallostroy, 3, St.Petersburg, 196641, Russian Federation, sytch@sintez.niiefa.spb.su*

*Abstract.* JSC NIEFA has been developed combine electromagnetic suspension for magnet levitation transport system with permanent and normal conducting electromagnets, which operate with reduced electricity consumption [1]. Permanent magnets (PM) known as bearing magnets, which are provide main carrying load of suspension. Normal conducting electromagnets (NCE) intended to control gap between levitation module and ferromagnetic guides as well as for sidemount stabilization. System with replacing of PM to superconducting magnets (SM) is consider to reduce dimensions of the suspension levitation as well as regulate the gap [2]. The advantages of applying SM against to PM are ability to range ascensional power by tapering current value and instead of normal magnets more significant reduction in energy consumption, weight and size characteristics in consequence of enhance current density in superconductive magnets [3].

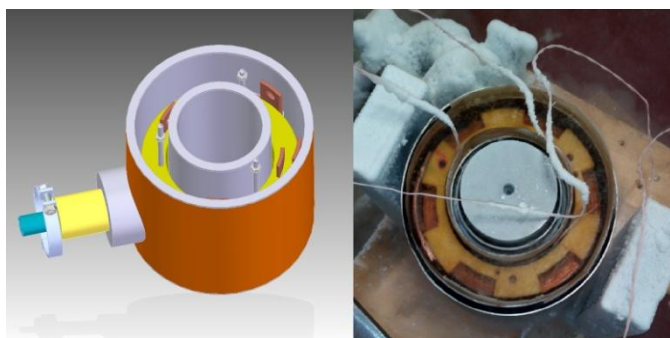
*Keywords:* high-temperature superconducting magnet, current leads, magnet levitation transport system.

В АО «НИИЭФА» изготовлены, собраны и испытаны два сверхпроводниковых магнита для подвеса левитационной транспортной системы. СМ выполнены из высокотемпературной сверхпроводящей ленты второго поколения (далее ВТСП-2) рис. 1 и прошли успешные испытания в среде жидкого азота и гелия.



*Рисунок 1 – Сверхпроводниковый магнит*

Сверхпроводниковые магниты из ВТСП-2 работают при температуре жидкого азота и ниже, для этого спроектированы и изготовлены два криостата, в которые устанавливаются СМ. После установки высокотемпературных сверхпроводниковых магнитов в криостаты были проведены их повторные электрические испытания в среде жидкого азота рис. 2. Криостат с СМ устанавливается на сердечник, который представляет собой Ш-образный магнитопровод, выполненный из Стали 10.



*Рисунок 2 – Сверхпроводниковый магнит в криостате*

Размеры электромагнитного подвеса ограничивают габариты магнитопровода и криостата, поэтому сверхпроводниковый магнит занимает практически весь внутренний объем: зазор между внутренней стенкой криостата и СМ составляет 4 мм, который заполняется жидким азотом. Криостат такого размера не позволяет продолжительное время поддержи-

вать СМ при температуре 77 К без постоянного подлива хладагента. С этой целью изготовлена специальная емкость для подачи жидкого азота в криостаты по принципу сообщающихся сосудов. Криостаты и ёмкость соединены друг с другом при помощи гибких трубопроводов жидкостной и паровой линии. Для контроля уровня жидкого азота в ёмкости установлен уровнемер. Для минимизации теплопритока в холодную зону применяется высоковакуумная теплоизоляция. Криостаты, ёмкость для азота и трубопроводы имеют общий вакуумный кожух. Вакуумный кожух откачивается до давления  $P \leq 10^{-5}$  торр.

Произведен тепловой расчет криогенной системы. Теплопритоки по конструктивным элементам и остаточным газам в расчетах не учитывались, так как основной теплоприток идет от излучения [4].

$$Q_{из} = q \cdot F = 55 \cdot 0.81 = 45 \text{ Вт} \quad (1)$$

где  $q = 55 \text{ Вт/м}^2$  – удельный тепловой поток (300-80К), [5];  $F = 0.81 \text{ м}^2$  – суммарная площадь поверхности криостатов, азотной емкости и трубопроводов.

Определение расхода жидкого азота, необходимого для поддержания системы на температурном уровне 77 К:

$$M_{N_2} = \frac{Q}{h_{N_2}} = \frac{45}{199} = 0.22 \text{ л/ч} = 1 \text{ л/ч} \quad (2)$$

где  $Q = 45 \text{ Вт}$  – суммарный теплоприток на температурный уровень 80К;  $h_{N_2} = 199 \text{ Дж/г}$  – удельная теплота парообразования азота при  $p=1$  атм и  $T=77$  К, [7].

Для подвода электрического тока в сверхпроводниковый магнит применяется система тоководов, состоящая из двух частей: сверхпроводниковые тоководы (СТ) и «сухие» криогенные тоководы (КТ).

Сверхпроводниковые тоководы изготавливаются из двух ВТСП-2 лент шириной 4 мм с критическим током 100 А. После изготовления СТ прошли успешное испытание двойным током в низкотемпературной среде и были установлены внутри гибкого трубопровода с жидким азотом, в результате чего их температура остается неизменной – 77 К.

Так как источники питания находятся при комнатной температуре, а сверхпроводниковые тоководы и СМ в среде жидкого азота, то для передачи тока между ними используются «сухие» криогенные тоководы. Для минимизации теплопритока в азотную емкость необходимы КТ с оптимальным отношением площади поперечного сечения к длине при заданном токе [5]. Для данных магнитов были подобраны и изготовлены КТ из медных прутков М1 диаметром 5 мм и оптимальной длиной токовода - 0.514 м. Окончательный монтаж системы производился на раме. После чего были проведены повторные вакуумные, криогенные и электрические испытания.

Для исследования характеристик (критического тока, величины магнитной индукции, контроль за переходом в нормальное состояние) сверхпроводниковых магнитов, предназначенных для подвеса левитационной транспортной системы, в АО «НИИЭФА» был разработан и изготовлен испытательный стенд (рис. 3). Кроме того были проведены испытания системы в переохлажденном азоте при температуре 64К. Данная температура достигнута вакуумированием жидкого азота и позволяет увеличить в полтора раза критический ток.

На основании полученных результатов по испытаниям были сделаны следующие выводы:

- электромагнитные характеристики катушки соответствовали расчетным;
  - паримость азота во время эксперимента составила 1,1 л/час, что практически соответствует полученным расчетным данным;
- отработана методика контроля и поддержания зазора в зависимости от загруженности левитирующей платформы.

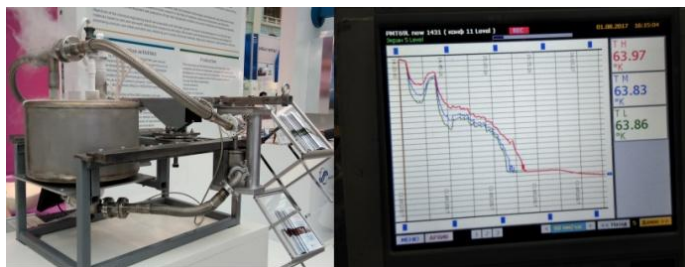


Рисунок 3 – Стенд для исследования сверхпроводниковых магнитов

На данный момент ведутся работы по изготовлению подвеса магнитолевитационной транспортной системы с опорными постоянными и сверхпроводниковыми магнитами.

#### Список литературы

1. Патент РФ №2573135 «Магнитный подвес транспортного средства для комбинированного путепровода».
2. Rodin I, E. Andreev, V. Amoskov, V. Glukhich, A. Dyomina, V. Kukhin, E. Lamzin, E. Zapretilina, S.Sytchevsky, S. Samoilenkov/ FIRST EXPERIENCE OF THE HTS-II DIPOLE TYPE MAGNETS DEVELOPMENT AT NIEFA // Proceedings of RuPAC 2016. St. Petersburg, Russia.
3. Демина А.А., Сафонов А.В., Ковальчук О.А., Запретилина Е.Р., Родин И.Ю., Андреев Е.Н. Разработка и испытание макета ВТСП модуля для системы магнитной левитации транспортного средства // Транспортные системы и технологии - 2016. № 1.
4. Справочник по физико-техническим основам криогеники. Под ред. М.П. Малкова. Изд. 2-е переработанное и дополненное. М. «Энергия». 1973. 150 с.
5. Yukikazu Iwasa. Case studies in superconducting magnets. Second Edition. Springer. 2009.
6. Акулов Л.А., Борзенко Е.И., Зайцев А.В. Теплофизические свойства и фазовое равновесие криопродуктов. Справочник. СПб: СПбГУНиПТ. 2009. 200 с.

УДК 656.212.7

## РАСЧЕТ ВОЗМОЖНЫХ РАЗРУШЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ КРЫЛАТЫХ РАКЕТ

**Уголков Сергей Вячеславович** – кандидат военных наук, доцент кафедры системного анализа и логистики

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, [common@aanet.ru](mailto:common@aanet.ru)

**Сергеев Аркадий Анатольевич** – кандидат военных наук, доцент

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, [common@aanet.ru](mailto:common@aanet.ru)

**Аннотация.** В работе производится определение степени разрушений объектов железнодорожной инфраструктуры при попадании крылатой ракеты в пункт экипировки локомотивов. В качестве элементарных целей поражения рассматриваются локомотив, пескораздаточные устройства, служебно-техническое здание. Степень поражения каждого из экипировочных устройств определяется как произведение трех вероятностей, соответственно попадания боеприпаса в точку прицеливания, поражения цели при попадании боепри-



паса в точку прицеливания, нахождения цели в момент удара на экипировочном устройстве.

*Ключевые слова:* железнодорожный транспорт, локомотивное хозяйство, крылатые ракеты, вероятность попадания, степень поражения, железобетонные конструкции, кирпичные строения.

## CALCULATE THE POSSIBLE DESTRUCTION OF THE RAILWAY INFRASTRUCTURE ELEMENTS WHEN USING CRUISE MISSILES

*Ugolkov Sergey V. – Ph.D., associate Professor of Department of System analysis and logistics, Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation*

*Bolshaya Morskaya str., 67, St.Petersburg, 190000, Russian Federation*

*Sergeev Arkady A. – Ph.D., Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation*

*Bolshaya Morskaya str., 67, St.Petersburg, 190000, Russian Federation*

*Abstract.* The work is the determination of the degree of destruction of the railway infrastructure when hit by cruise missiles in the item of equipment of locomotives. As elemental targets are considered the locomotive, escorodate the device, service and technical building. The degree of destruction of each of the outfitting devices is defined as the product of three probabilities, respectively, of the hit of the ammunition to the point of aiming, the destruction of the target when the ammunition hits the aiming point, the target is found at the moment of impact on the equipment device.

*Keywords:* rail transport, locomotive economy, a cruise missile, hit probability, the degree of damage, concrete structures, brick buildings.

При ведении современных боевых действий основным средством решения задач поражения объектов железнодорожного транспорта является комплексное применение крылатых ракет морского (КРМБ) и воздушного базирования (КРВБ) в обычном снаряжении, носителями которых являются корабли, подводные лодки стран НАТО и самолеты стратегической бомбардировочной авиации ВВС США.

В данной статье производится расчет поражения устройств локомотивного хозяйства при попадании крылатой ракеты в пункт экипировки локомотивов.

Пункт экипировки локомотивов представляет собой сложную неоднородную цель, занимающую общую площадь в прямоугольнике длиной около 60 м и шириной около 40 м. Элементарными целями в этой площади могут быть как стационарные устройства: служебно-техническое здание, склад песка, пескораздаточные устройства и др., так и локомотивы, которые могут находиться на пункте экипировки в момент нанесения удара. Естественно, что разрушение данных устройств будет разновероятным и зависеть от мощности боеприпаса (тротилового эквивалента взрывчатого вещества), удаленности центра взрыва от объекта поражения и коэффициента поражаемости сооружения. Таким образом, вероятность поражения каждого из перечисленных экипировочных устройств будет выражена зависимостью [1]:

$$P_{об} = P_{поп} \times G_{пор} \times P_{нах} \quad (1)$$

где:  $P_{поп}$  – вероятность попадания боеприпаса в заданную точку прицеливания;

$G_{пор}$  – вероятность поражения цели при попадании боеприпаса в точку прицеливания;

$P_{нах}$  – вероятность нахождения цели в момент удара на экипировочном устройстве. Естественно, что данная вероятность рассчитывается только для локомотивов, так как для стационарных устройств она будет равна 1.

Вероятность попадания может быть найдена по формуле:

$$P_{поп} = P_{нонх} \times P_{нопу} \quad (2)$$

где:  $P_{\text{попх}}, P_{\text{попу}}$  – вероятность попадания в заданную область по осям  $Ox$  и  $Oy$  соответственно.

Величины  $P_{\text{попх}}$  и  $P_{\text{попу}}$  можно рассчитать по интегралу вероятности:

$$P_{\text{попх}} = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2\sigma_x^2}} dt ; \quad P_{\text{попу}} = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \int_0^y e^{-\frac{t^2}{2\sigma_y^2}} dt ,$$

где  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  – среднеквадратические отклонения боеприпаса по оси  $x$  и  $y$ ;  $t$  – параметр интегрирования.

В нормативно-справочной литературе [2] характеристика рассеивания авиационных боеприпасов по соответствующим осям дается в виде средних отклонений боеприпаса от точки прицеливания  $E_x$  и  $E_y$ . Связь между среднеквадратическим отклонением и характеристикой рассеивания оценивается зависимостью вида:

$$\sigma = \frac{E}{\rho\sqrt{2}} = 1,4826E, \quad \text{где } \rho = 0,476936. \quad (3)$$

Среднее вероятное отклонение крылатой ракеты AGM-86С составляет 35 м [2]. Тогда  $\sigma = 52,2$  м.

На рис. 1 показано размещение экипировочных устройств для тепловозов на приемо-отправочных путях. Анализ рисунка показывает, что наиболее выгодной точкой прицеливания для применяемого боеприпаса могут быть середина междупутья между пескораздаточными устройствами.

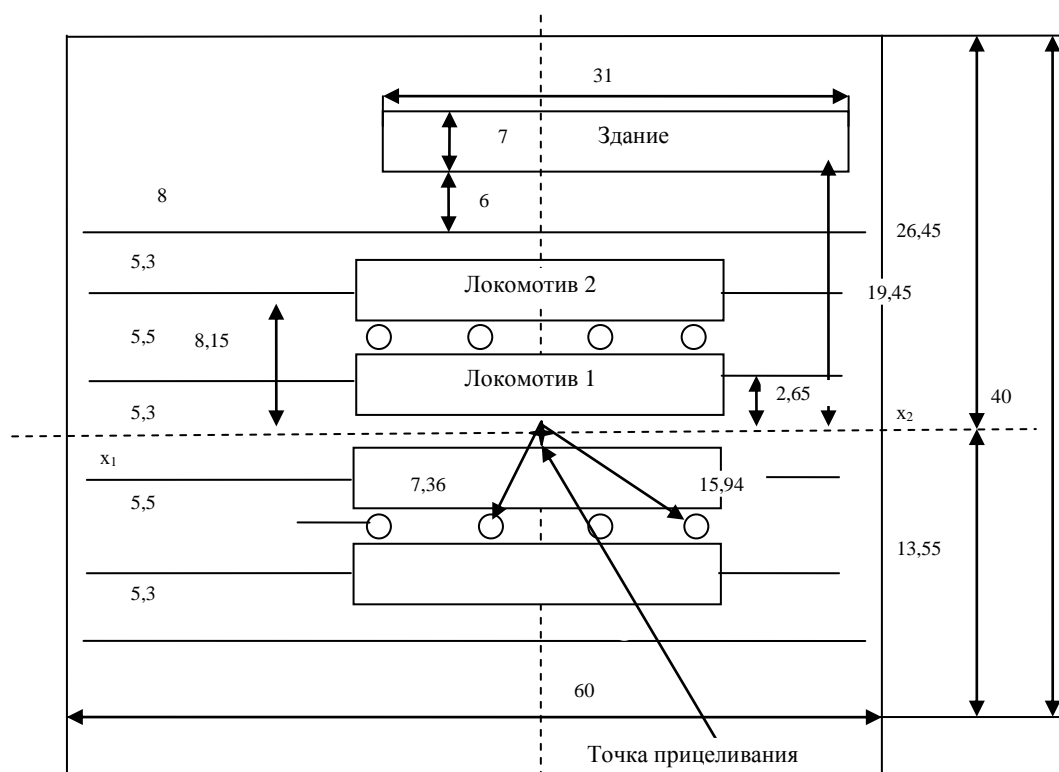


Рисунок 1 – Размещение экипировочных устройств для тепловозов на приемо-отправочных путях

Эта точка находится посередине экипировочной площадки по оси Ох со сторонами  $x_1=30$ ;  $x_2=-30$  и по оси Оу со сторонами  $y_1=26,45$ ;  $y_2=-13,55$ .

Вероятность попадания боеприпаса в данную точку экипировочной площадки может быть найдена по выражению:

$$P_{\text{поп}} = \frac{1}{4} \left[ \Phi\left(\frac{30}{52,5}\right) - \Phi\left(\frac{-30}{52,5}\right) \right] \times \left[ \Phi\left(\frac{26,45}{52,5}\right) - \Phi\left(\frac{-13,55}{52,5}\right) \right] = 0,2244$$

Вероятность поражения для различных объектов определяется радиусом достоверного поражения цели  $R_n$  менее, либо равно которому  $G_{\text{пор}}=1$ , радиусом непоражения,  $R_{\text{нп}}$  при котором  $G_{\text{пор}}=0$  и областью между ними, где значения функции  $G$  изменяется от 1 до 0 в зависимости от удаления объекта от места взрыва.

В общем виде радиус поражения объекта определяется по формуле:

$$R_n = K_n \sqrt[3]{C_M} \quad (4)$$

где  $K_n$  – коэффициент разрушения, зависящий от типа сооружения,  $C_T$  - масса взрывчатого вещества в тротиловом эквиваленте.

Масса боевой части АГМ-86С составляет 110 т [3]. Наполнитель взрывчатых веществ в боевой части большинства боеприпасов составляет 0,7. В вооружениях такого класса применяются взрывчатые вещества повышенной мощности – 1,5-1,7. Тогда масса взрывчатого вещества АГМ-86С в тротиловом эквиваленте составит:  $110 \times 0,7 \times 1,5 = 116$  кг

Согласно ряда источников [4] радиусы поражаемости  $R_n$  и радиусы непоражения  $R_{\text{нп}}$  расчетных объектов могут быть представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Степени поражения расчетных объектов

Объекты поражения	Степень поражения	$R_n$	$R_{\text{нп}}$
Локомотивы	Опрокидывания, разрушения	$0,5 \sqrt[3]{C_T}$	$1,5 \sqrt{C_T}$
Железобетонные конструкции	Разрушение сооружений	$\frac{0,16}{\sqrt{B}} \sqrt[3]{C_T}$	$2 \sqrt{C_T}$
Кирпичные строения	Повреждения застекления	$\frac{0,4}{\sqrt{B}} \sqrt[3]{C_T}$	$30 \sqrt{C_T}$
	Повреждение рам, дверей, внутренних перегородок (частичное)		$8 \sqrt{C_T}$
	Разрушение перегородок, рам, дверей (полное)		$4 \sqrt{C_T}$
	Пролонг кирпичных стен с полным разрушением сооружения		$1,4 \sqrt{C_T}$

Примечание: величина  $v$  – толщина сооружения для последующих расчетов принимается равной для пескораздаточных устройств 0,5 м, для кирпичной стены служебно-технического здания – 0,5 м (для длины стандартного кирпича).

1. Производим расчет поражаемости локомотивов, находящихся на пункте экипировки.

Вероятность нахождения локомотива на пункте экипировки можно определить по выражению:

$$P_{\text{нах}} = \frac{T}{(T - \tau) \times \alpha} \quad (5)$$

где  $T$  – время работы экипировочного места в течение суток, 1440 мин.;  $\tau$  – возможные пере­рывы в работе экипировочного места в военное время, 200 мин.;  $\alpha$  – коэффициент техниче­ской готовности экипировочного места – 1,3.

Таким образом

$$P_{\text{нах}} = \frac{1440}{(1440 - 200) \times 1,3} = 0,9 \cdot$$

Вероятность поражения локомотива на пункте экипировки при попадании боеприпаса в точку с заданными координатами  $G_{\text{пор}}$  может быть определена по показателям:

$$G_{\text{пор}} = 1 \leq 0,5\sqrt[3]{116} = 2,44; \quad G_{\text{пор}} = 0 \geq 1,5\sqrt{116} = 16,16.$$

Расстояние до центра ближайшего локомотива от места взрыва равно 2,65 м; до по­следующего локомотива 8,15 м.

Можно предположить, что между границей зоны достоверного положения и границей зоны непоражения имеется область, где вероятность поражения цели изменяется от 1 до 0. Вероятно, данная зависимость будет подчиняться показательному закону. Вывести эту зави­симость в настоящей статье не представляется возможным ввиду ограничения её по объему страниц и степени информативности. Поэтому в данной работе будет считаться, что функция изменения вероятности поражения будет подчиняться линейному закону и на прямую зави­сеть от удаленности от центра взрыва до локомотива. В таком случае вероятность поражения первого локомотива будет равна 0,94; последующего 0,58. Расчетная вероятность поражения локомотивов может быть рассчитана:  $P_1 = 0,22 \times 0,94 \times 0,9 = 0,19$ ;  $P_2 = 0,22 \times 0,58 \times 0,9 = 0,11$

Математическое ожидание числа уничтоженных локомотивов будет равно:

$$M_{\text{л}} = 2P_1 + 2P_2, \quad M_{\text{л}} = 0,61 \approx 1 \text{ локомотив} \quad (6)$$

2. Для нахождения вероятности поражения пескораздаточных устройств необходимо определить их расстояние до центра взрыва.

Расстояние от центра взрыва до линии устройств будет составлять 5,4 м. Тогда рас­стояние до ближайшего и последующего устройства соответственно будет равно:

$$x_1 = \sqrt{5,4^2 + 5^2} = 7,36 \text{ м}; \quad x_2 = \sqrt{5,4^2 + 15^2} = 15,94 \text{ м}.$$

Вероятность поражения устройства будет определена:

$$G_{\text{порл}} = 1 \leq \frac{0,16}{\sqrt{0,5}} \times \sqrt[3]{116} = 1,1 \text{ м}; \quad G_{\text{порл}} = 0 \geq 2\sqrt{116} = 21,5 \text{ м}.$$

Таким образом, и ближайшее и последующее устройство будут находиться в зоне по­ражения.

Вероятность поражения ближайшего устройства будет равна 0,69, последующего 0,27, исходя из линейной зависимости изменения вероятности поражения.

Математическое ожидание числа пораженных устройств будет равно:

$$M_{\text{у}} = 0,22 \times (0,69 \times 4 + 0,27 \times 4) = 0,84 \approx 1 \text{ устройства}.$$

3. Определим степень поражения служебно-технического здания. Расстояние от места взрыва до стены здания составляет 19,45 м. Радиус поражения здания составляет:

$$R_{пз} = \frac{0,4}{\sqrt{0,5}} \times \sqrt[3]{116} = 2,75 \text{ м}; R_{нз} = 1,4\sqrt{116} = 15,08 \text{ м}.$$

Поскольку здание находится вне зоны полного разрушения, то оно лишь получит повреждение.

Радиус разрушения перегородок, рам, дверей составит  $4\sqrt{116} = 43,08$  м.

Таким образом, здание находится ближе зоны частичных разрушений. Поэтому при взрыве произойдет полное разрушение остекления, рам, дверей и внутренних перегородок.

Вывод при возможном применении КР по пункту экипировки локомотивов можно ожидать уничтожение 1 локомотива, 1 пескораздаточного устройства и разрушения внутренних отделок здания.

#### *Список литературы*

1. Уголков С.В., Лазарев Ю.Г. Математическое моделирование воздействия вероятного противника по объектам автотранспортной инфраструктуры // Вопросы оборонной техники. 2017. № 9/10. С. 32-37.

2. Абчук В.А. и др. Справочник по исследованию операций / Под общ. ред. Ф.А. Матвейчука. М.: Воениздат. 1979. 368 с.

3. Авиационные управляемые ракеты капиталистических государств. М.: ГШ ВС СССР. ГРУ. 1983. 180 с.

4. Руководство по подрывным работам. – М.: Воениздат. 1969. 464 с.

5. Анализ опыта применения противником авиации для разрушения объектов железнодорожного транспорта: монография / В.П. Гладких, С.В. Уголков, А.А. Сергеев/ Петродворец. ВТУ ЖДВ. 2008. 80 с.

УДК 625.1

## **ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОЙСК ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

*Донцов Иван Павлович – кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела*

*Петров Алексей Геннадьевич – адъюнкт кафедры общей тактики и общевойсковых дисциплин*

*Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВС РФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10, литер А*

*Аннотация. Излагаются предназначение и задачи железнодорожных войск. Рассматриваются основные направления оснащения железнодорожных войск современными образцами специальной техники, а также мобильных восстановительных команд.*

*Ключевые слова: железнодорожный транспорт, железнодорожные войска, восстановление и живучесть железных дорог, специальная техника.*

## **THE USING OF SPECIAL TECHNICS OF RAILWAY TROOPS IN THE RECONSTRUCTION OF RAILWAYS**

*Dontsov Ivan P. – Candidate of Military Sciences, docent, SNS (senior researcher) of the research department*

*Petrov Alexey G. – adjunct of department of General tactics and general-military discipline  
Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation  
Voskresenskaya Emb., 10a, St.Petersburg, 191123, Russian Federation*

*Abstract. There outline the mission and objectives of The Railway Forces. Dealing with the main directions of equipping The Railway Forces with modern samples of special technics, and also mobile reconstruction teams.*

*Keywords: railway transport, The Railway Forces, reconstruction and persistence of railways, special technics.*

Эксплуатационная длина железных дорог Российской Федерации составляет более 86 тыс. километров. По этой сети осуществляется: в мирное время – более 70 % грузопассажирских перевозок; в военное время – более 80 % основных объёмов различных по назначению перевозок.

Грузооборот железнодорожным транспортом в транспортной системе России занимает более 74 % , а пассажирооборот около 30 % от общего пассажирооборота всеми видами транспорта.

Анализ возможных опасностей и угроз транспортной системе в мирное время, в период угрозы агрессии против Российской Федерации и в военное время показывает, что в мирное время основная угроза транспортной системе заключается в нарастающей частоте техногенных катастроф и чрезвычайных ситуаций, в период нарастания угрозы агрессии против Российской Федерации – действие диверсионно-разведывательных групп, а в военное время - комплекс всех выше перечисленных факторов и прямое воздействие противника [1].

Обеспечение устойчивого функционирования железных дорог в мирное и военное время возлагается на следующие структуры:

Министерство транспорта;

Федеральное агентство железнодорожного транспорта (Росжелдор);

ОАО «РЖД» ( Рждстрой, Росжелдорпроект);

Министерство обороны (Железнодорожные войска).

В военное время грузооборот железнодорожным транспортом значительно возрастет, что повышает значимость Железнодорожных войск (ЖДВ) Министерства обороны в системе транспортного обеспечения государства.

Железнодорожные войска – составная часть Вооруженных Сил, участвующих в обеспечении обороны государства. Они являются специальными войсками, предназначенными для восстановления, заграждения, разминирования, технического прикрытия и строительства железных дорог, повышения живучести, пропускной способности действующих участков железных дорог в целях обеспечения военных действий Вооруженных Сил [2].

Сохранить, или в требуемые сроки восстановить работоспособность железных дорог без проведения мероприятий по их живучести практически невозможно. Под живучестью железных дорог следует понимать их свойство сохранять или быстро восстанавливать свою работоспособность в условиях чрезвычайных ситуаций или воздействия противника.

Восстановление железных дорог – комплекс инженерных, организационно-технических мероприятий и работ, проводимых на разрушенных участках (объектах), сооружениях и устройствах железных дорог с целью обеспечения возобновления прерванного движения поездов. Восстановление железных дорог является основной задачей ЖДВ в различных условиях [2].

Строительство новых и повышение пропускной способности эксплуатируемых железнодорожных участков проводится в целях обеспечения живучести и развития сети железных дорог. К объектам нового железнодорожного строительства относятся: новые железнодорожные участки и вторые пути; обходы-дублиеры важнейших объектов

эксплуатируемой сети железных дорог; дополнительные станционные пути и другие сооружения, возводимые при развитии специальных станций и увеличении пропускной способности железнодорожных линий.

Указанные задачи выполняются соединениями и воинскими частями ЖДВ, оснащенными техникой различной номенклатуры и численности.

Целью развития и совершенствования ЖДВ является поддержание и наращивание способности и готовности соединений и воинских частей выполнять задачи по штатному предназначению.

Основными направлениями в области технического оснащения ЖДВ перспективными образцами специальной техники и технологий являются [2-4]:

- закупка новых, высокопроизводительных образцов техники для производства земляных работ;
- создание комплекса мобильных путевых машин для строительства и восстановления ж. д. пути, внедрение новых звеноборочных, путеукладочных средств;
- разработка специальных технических средств, новых инвентарных конструкций и оборудования для строительства и восстановления искусственных сооружений;
- создание современного оборудования для расчистки завалов на мостовых переходах;
- обоснование возможности и создание новых видов технических средств высокой мобильности и транспортабельности для выполнения работ по ликвидации последствий аварий и стихийных бедствий на железных дорогах;
- автоматизация и роботизация путевых и землеройных машин с применением лазерного и спутникового геодезического оборудования, внедрение технологий 3d нивелирования с использованием системы «Глонасс» при производстве земляных работ, что позволит сократить сроки выполнения работ на 20-30%, с одновременным снижением затрат;
- разработка и внедрение роботизированных комплексов для разминирования ж. д. объектов;
- разработка универсальной системы для постановки на железнодорожный путь любых технических средств на колесной базе;
- совершенствование комплекта носимого инструмента, средств малой механизации и пороховых приборов;
- создание технических средств, для ликвидации малообъемных разрушений земляного полотна и железнодорожного пути;
- обеспечение унификации, стандартизации, многофункциональности специальной техники и военно-технического имущества.

Практическая реализация указанных мероприятий в краткосрочной и долгосрочной перспективе позволит заменить устаревшую технику в воинских частях на современные образцы, основанные на новейших инновационных конструкторских решениях и технологиях.

Основными преимущественными характеристиками разрабатываемых и закупаемых новых образцов техники и средств малой механизации являются мобильность, многофункциональность и высокая производительность.

В настоящее время в качестве базовой машины в мобильных путевых машинах применяется колесный трактор или база на железнодорожном ходу.

На наш взгляд, целесообразно рассмотреть возможность использования в качестве базовой машины колесный экскаватор на комбинированном ходу и различных по назначению навесных блоков. Такая многофункциональная путевая машина нашла широкое применение как у нас в стране, так и за рубежом. Ее преимущества очевидны, машина может выполнять комплекс не только путевых, но земляных и других работ.

Обновление парка такими образцами специальной техники существенно повысит возможности ЖДВ по выполнению штатных задач и мобильность частей и подразделений. Сокращение разномарочности техники в ЖДВ позволит сократить затраты на ее эксплуатацию и ремонт, повысит надежность и качество работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Опыт Великой Отечественной войны, локальных войн и конфликтов свидетельствует о том, что при воздействии обычными средствами поражения объемы земляных и путевых работ в точках воздействия будут, как правило, небольшими и рассредоточенными на всем протяжении прикрываемого железнодорожного участка (направления) [5]. В данных условиях, для эффективного восстановления земляного полотна и ВСП необходимо иметь в составе путевых и восстановительных батальонов мобильные комплексные команды (летучки), оснащенные современной, мобильной, многофункциональной техникой и средствами малой механизации. Вариант состава мобильных комплексных команд определяется объемом и технологией выполняемых восстановительных работ и представлен в таблице 1.

Ведущей машиной в предлагаемом восстановительном комплексе является универсальная путевая машина на базе пневмоколесного экскаватора на комбинированном ходу, оборудованного быстросъемным адаптером и оснащенного следующим навесным оборудованием и агрегатами, необходимыми для восстановительных работ:

- ковши различного назначения и емкости, для производства земляных работ;
- грейфер для балластировочных работ;
- грузоподъемный удлинитель с крюком для расчистки завалов и разрушений;
- грейфер для укладки рельсов и шпал;
- подбивочный блок для выправочно-подбивочных работ;
- агрегат для замены шпал, извлечения и укладки балласта;
- агрегат очистки рельсошпальной решетки и другое оборудование.

Таблица 1 – Перечень задач и техническое оснащение мобильной комплексной восстановительной команды

№ п/п	Перечень задач	Техническое оснащение
1.	Доставка личного состава и инструмента к объекту работ	Автомобиль для перевозки личного состава, инструмента и оборудования
2.	Доставка и перевозка восстановительных материалов, малогабаритной техники и оборудования	Грузовой автомобиль с гидроманипулятором
3.	Расчистка ж. д. пути от разрушенных элементов ВСП	Универсальная путевая машина на базе пневмоколесного экскаватора на комбинированном ходу
4.	Засыпка воронок и брешей в теле земляного полотна	Универсальная путевая машина на базе пневмоколесного экскаватора на комбинированном ходу и виброплита
5.	Сборка звена рельсошпальной решетки поэлементно или замена одиночных рельсов и шпал	Универсальная путевая машина на базе пневмоколесного экскаватора на комбинированном ходу и механизированный инструмент
6.	Балластировка и выправка железнодорожного пути в плане	Универсальная путевая машина на базе пневмоколесного экскаватора на комбинированном ходу
7.	Освещение места производства работ в темное время суток	Мобильная осветительная установка

В зависимости от конкретных условий, в транспортный автомобиль может загружаться необходимый минимум строительно-восстановительных материалов, конструкций и съемного оборудования. Численность личного состава определяется исходя из объемов и технологии восстановительных работ. Анализ таблицы показывает, что при минимальном количестве автомобильной, специальной техники, инструмента и оборудования выполняется весь комплекс восстановительных работ верхнего строения пути.



Основной отличительной особенностью предлагаемых средств малой механизации является привод от двигателя внутреннего сгорания, малогабаритные размеры и высокая производительность, что позволяет сократить потребность в личном составе.

Таким образом, оснащение соединений и воинских частей ЖДВ высокопроизводительной, мобильной техникой, средствами малой механизации и оборудованием, позволит успешно выполнять возложенные на них задачи, как в мирное, так и военное время.

#### *Список литературы*

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года.
2. Концепция строительства и развития Железнодорожных войск на период до 2030 года и
3. Строительство и восстановление искусственных сооружений: Материалы IV Международной научно-практической конференции / Гомель: БелГУТ. 2015.
4. Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. СПб: Изд-во Политехн. ун-та. 2016.
5. Проблемы применения Железнодорожных войск в современных условиях: Сборник научных статей межвузовской научно-практической конференции. СПб: ВА МТО. 2014.

УДК: 624.872

### **СТЫКОВКА РЕЧНЫХ ЧАСТЕЙ НАПЛАВНЫХ МОСТОВ МЛЖ-ВФ-ВТ И НЖМ-56**

*Завальнюк Сергей Иванович* – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела

*Белоножко Илья Сергеевич* – оператор научной роты научно-исследовательского отдела

*Русин Артем Александрович* – оператор научной роты научно-исследовательского отдела

*Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВС РФ, 191123, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10, литер А*

*Аннотация.* Приводится конструктивное решение стыковки речных частей наплавного унифицированного железнодорожного моста-ленты МЛЖ-ВФ-ВТ с наплавным железнодорожным мостом НЖМ-56.

*Ключевые слова:* стыковка, пандус, соединительная балка, балка крепления, понтон.

### **DOCKING OF THE RIVER PARTS OF THE FLOATING BRIDGES MLZH-VF-VT AND NZHM-56**

*Zavalnyuk Sergey I.* – Candidate of Technical Sciences, docent, SNS (senior researcher) of the research department

*Belonozhko Ilya S.* – candidate of technical sciences, docent, SNS (senior researcher) of the research department

*Rusin Artem A.* – candidate of technical sciences, docent, SNS (senior researcher) of the research department Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation

*Voskresenskaya Emb., 10a, St. Petersburg, 191123, Russian Federation*

*Abstract.* The article deals with a constructive solution for the docking river parts of a unified railway bridge-belt MLZH-VF-VT with a floating railway bridge NZHM-56.

*Keywords: MLZH-VF-VT, NZHM-56, docking, ramp, connecting beam, pontoon.*

На мостовых переходах, длина которых превышает полную длину комплекта наплавного моста, возникает необходимость одновременного использования нескольких инвентарных комплектов. Одновременно могут использоваться разные типы имущества, как МЛЖ-ВФ-ВТ [1], так и НЖМ-56 [2]. Замена имущества НЖМ-56 на имущества МЛЖ-ВФ-ВТ не будет происходить в один момент.

Предполагается изготавливать до нескольких комплексов нового понтонного парка в год, в зависимости от выделенного финансирования. В то же время на внеклассных и больших мостах необходимо использовать от двух до четырех комплектов имущества понтонных парков.

Полная замена НЖМ-56 на МЛЖ-ВФ-ВТ на таких объектах может выполняться несколько лет. Велика вероятность необходимости стыковки в составе одного моста комплектов НЖМ-56 [3] и МЛЖ-ВФ-ВТ. В то же время типовой (инвентарной) конструкции сопряжения имущества нового и предыдущего поколения друг с другом на настоящий момент нет [4,5].

Техническое решение на стыковку предлагается ниже. Стыкуются железнодорожные пути разных типов мостов путем устройства пандуса на речной части МЛЖ-ВФ-ВТ с продольным уклоном пути не более допустимого. Пандус сопрягается высокой стороной через соединительную балку с пролётным строением НЖМ-56. Необходимый уклон пути обеспечивается монтажом пандуса на трёх речных звеньях моста-ленты. Схема технического решения стыковки железнодорожных и автодорожных проездов моста-ленты и наплавного моста на отдельных понтонах представлена на рис. 1.

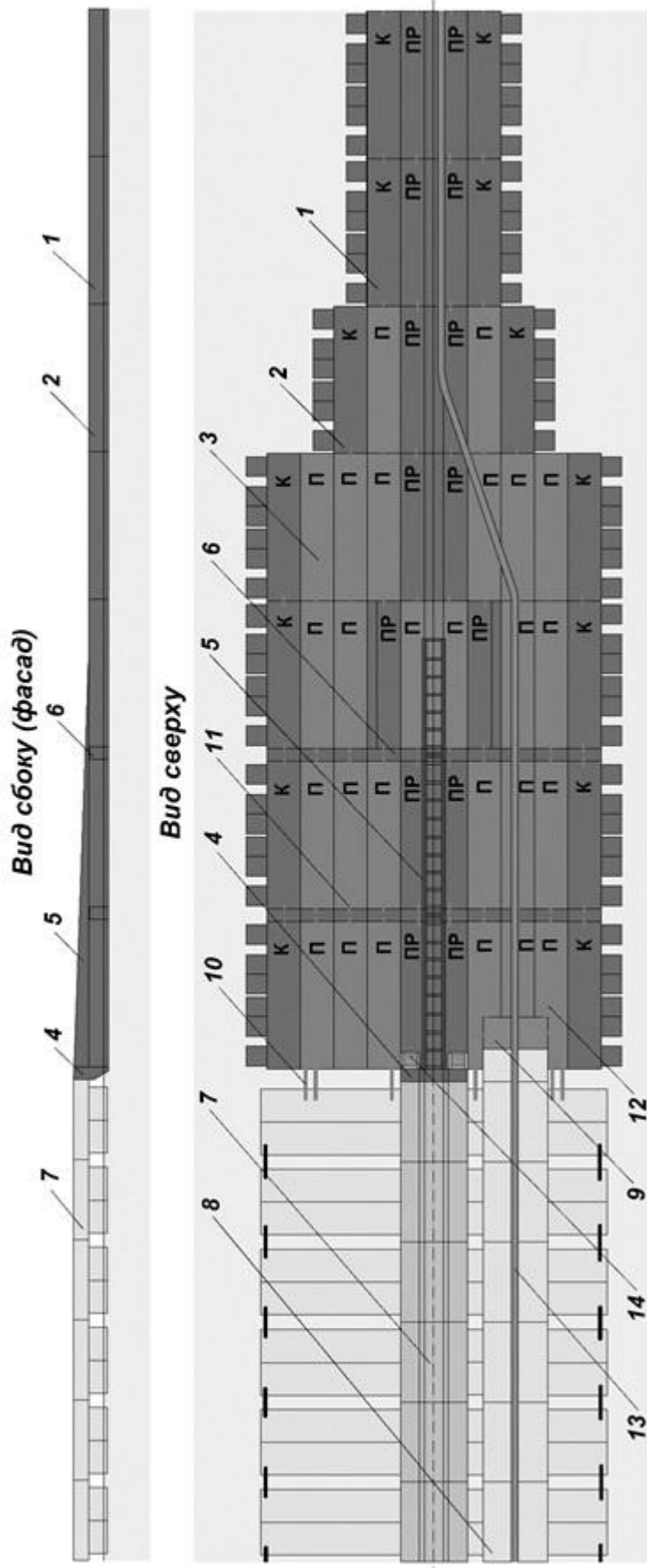
Уширение МЛЖ-ВФ-ВТ производится на двух участках, общей протяженностью 5 звеньев. Первый состоит из одного уширенного звена, собранного под нагрузку по схеме ВТ. Далее располагаются четыре уширенных речных звена специальной конструкции. Такие звенья симметричны относительно оси моста. Они состоят из двух средних понтонов с рельсом марки ПР, шести средних понтонов без рельса марки П и двух крайних понтонов марки К.

Необходимость жесткого крепления пандуса к палубе речных звеньев, не предназначенной для установки дополнительного оборудования, обусловила применение встраиваемого между понтонами специального конструктивного элемента – балки. В верхней части балки крепления пандуса находятся фиксирующие детали – опорная плита и болты. Предназначение крепежных элементов – обеспечение проектного положения пандуса относительно понтонов в горизонтальной плоскости вдоль и поперек оси моста. Балка крепления представляет собой понтон МЛЖ-ВФ-ВТ минимальной длины соответствующей марки. Общие виды балок крепления пандуса марок БПР, БП, БК (вид на палубу и вид на борт) представлены на рис. 2.

Непосредственное объединение железнодорожных проездов МЛЖ-ВФ-ВТ и НЖМ-56 осуществляется специальной соединительной балкой. Боковая часть балки, обращенная к НЖМ, имеет отверстия для болтов, обеспечивающих ее жесткую стыковку с торцом секции пролётного строения – вертикальной стенкой, верхним и нижним поясами его балок. Противоположная боковая сторона соединительной балки жестко стыкуется с пандусом (фланцевыми блоками главных балок) на болтах.

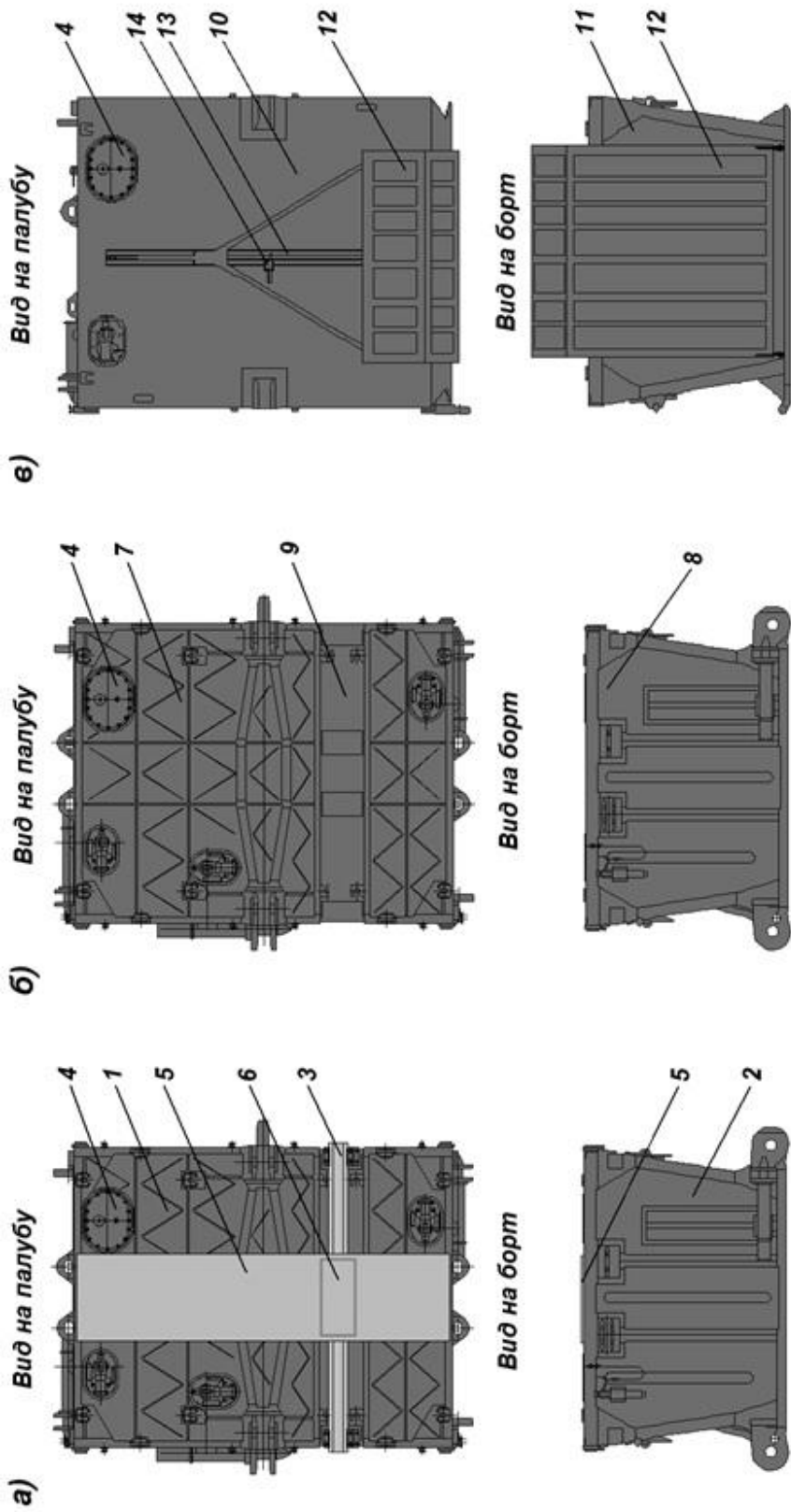
По расчету, внутри корпуса балки устанавливаются ребра жесткости и тяжи, соединяющие между собой боковые стенки (листы), обращенные в противоположные стороны. Общие виды соединительной балки представлены на рисунке 3.

Пандус – конструкция эстакадного типа с наклонной верхней плоскостью (проезжей частью), состоящая по длине из трёх секций (по количеству речных звеньев, на которые он опирается). Полная длина секций пандуса (в очередности от НЖМ): первая – 12,70 м; вторая – 13,90 м; третья – 7,30 м. Конструкция обеспечивает уклон пути 28 ‰.



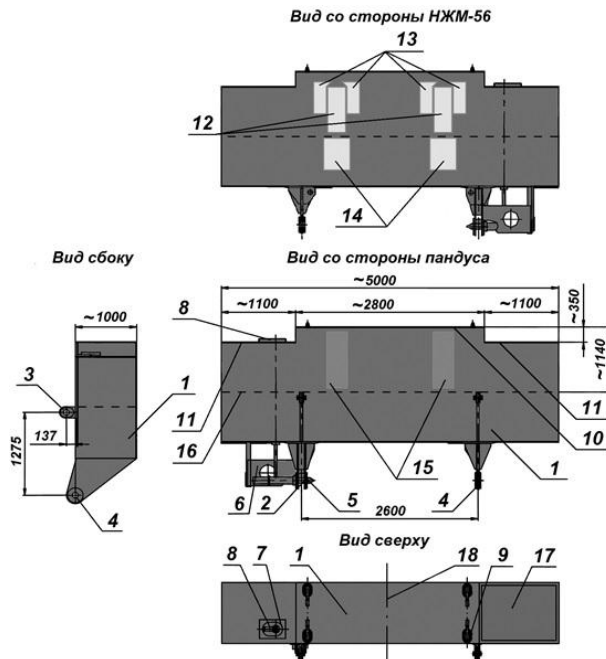
ПР – средний понтон с рельсом марки ПР; П – средний понтон без рельса марки П; К – крайний понтон марки К;  
 1 – речная часть МЛЖ-ВФ-ВТ, собранная под нагрузку по схеме ВФ; 2 – речное звено МЛЖ-ВФ-ВТ, собранное под нагрузку по схеме ВТ; 3 – уширение реч-  
 ной части МЛЖ-ВФ-ВТ средними понтонами марки П или ПР; 4 – соединительная балка речной части МЛЖ-ВФ-ВТ с пандусом и пролётного строения НЖМ-56;  
 5 – пандус для съезда (въезда) подвижного состава с пролётного строения НЖМ-56 на палубу МЛЖ-ВФ-ВТ; 6 – балка крепления пандуса; 7 – речная часть НЖМ-  
 56; 8 – автомобильный проезд НЖМ-56; 9 – пандус въезда (съезда) колёсной и гусеничной техники с палубы МЛЖ-ВФ-ВТ на автомобильный проезд  
 НЖМ-56; 10 – тяга продольного крепления понтонов МЛЖ-ВФ-ВТ и НЖМ-56 друг к другу; 11 – вкладыш продольного стыкового устройства марки МТ9; 12 –  
 оттяжка с талрепом для фиксации пандуса автомобильного проезда за фигурные накладки, расположенные на палубе понтонов марки П (ПР); 13 – маршрут  
 (ось) движения колёсной и гусеничной техники; 14 – лестница подъёма с палубы МЛЖ-ВФ-ВТ на прогутающий настил пролётного строения НЖМ-56

Рисунок 1 – Схема стыковки наплав в русле водотока речных частей моста-ленты МЛЖ-ВФ-ВТ и наплавного моста НЖМ-56



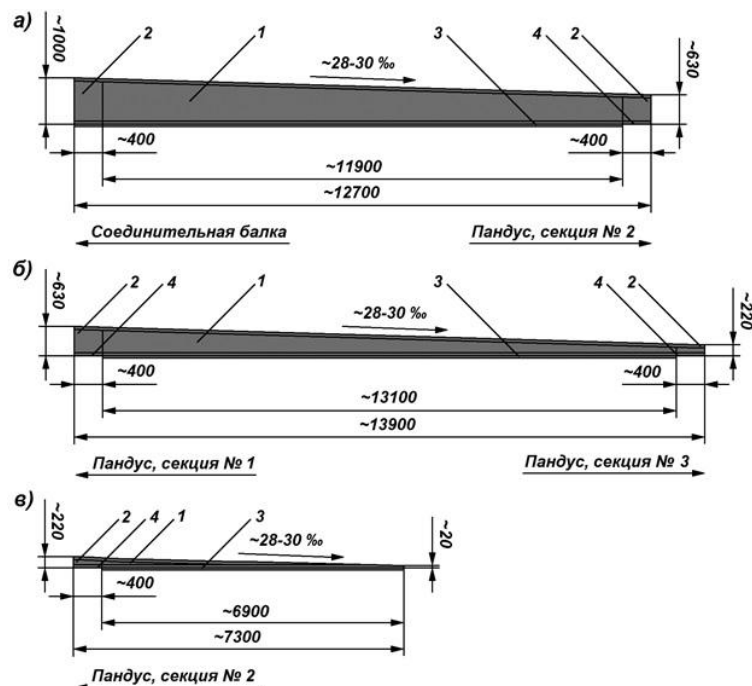
**а** – балка крепления пандуса марки БПР; **б** – балка крепления пандуса марки БП; **в** – балка крепления пандуса марки БК; 1 – палуба балки марки БПР; 2 – борт балки марки БПР; 3 – рельс Р-50; 4 – смонтированный люк; 5 – плита для опирания нижнего пояса балки пандуса; 6 – место размещения болтов крепления нижнего пояса балки пандуса; 7 – палуба балки марки БП; 8 – борт балки марки БП; 9 – рельсовая ниша (без рельса); 10 – палуба балки марки БК; 11 – борт балки марки БК; 12 – щит-обтекатель в транспортном (сложенном) положении; 13 – направляющий полоз тяги щита-обтекателя; 14 – запорное устройство для фиксации верхней секции щита-обтекателя в транспортном положении на палубе балки

Рисунок 2 – Общие виды балок крепления пандуса марок БПР, БП, БК



1 – соединительная балка; 2 – штырь продольного днищевого замка; 3 – проушина продольного палубного стыкового устройства; 4 – проушина продольного днищевого стыкового устройства; 5 – вилка продольного днищевого стыкового устройства; 6 – ограждение продольного днищевого замка; 7 – ниша продольного днищевого замка; 8 – привод управления продольным днищевым замком; 9 – строповочная петля; 10 – верхняя плоскость стыковой балки (место размещения рельсовой колеи); 11 – полка для размещения прохода (тротуара); 12 – место размещения болтов крепления фланцевых уголков блока пролётного строения НЖМ-56; 13 – место размещения болтов крепления Г-образной накладки верхнего пояса балки пролётного строения НЖМ-56; 14 – место размещения болтов крепления Г-образной накладки нижнего пояса балки пролётного строения НЖМ-56; 15 – место размещения болтов крепления балок пандуса; 16 – уровень палубы понтонов МЛЖ-ВФ-ВТ; 17 – крышка (люк) доступа во внутреннюю полость балки; 18 – продольная ось моста

Рисунок 3 – Общие виды соединительной балки



Примечание: Нумерация секций пандуса – от соединительной балки.

**а** – вид сбоку (фасад) секции пандуса № 1; **б** – вид сбоку (фасад) секции пандуса № 2;

**в** – вид сбоку (фасад) секции пандуса № 3; 1 – главная балка (двутавр переменной высоты); 2 – фланцевый блок; 3 – полоса из жёсткого полимерного материала; 4 – место установки нижнего пояса главной балки на опорную плиту балки крепления пандуса (без полосы жёсткого полимерного материала)

Рисунок 4 – Схемы секций пандуса (фасад)

### Список литературы

1. Наплавной унифицированный железнодорожный мост-лента МЛЖ-ВФ-ВТ. Техническое описание и инструкция по монтажу, перевозке хранению и эксплуатации. М: МО РФ. ЖДВ. 2013. 450 с.
2. Наплавной железнодорожный мост НЖМ-56. Техническое описание и инструкция по монтажу перевозке, хранению и эксплуатации. М: Воениздат. 1977. 350 с.
3. Наплавной железнодорожный мост НЖМ-56. Дополнение к техническому описанию и инструкции по монтажу, перевозке, хранению и эксплуатации. М: Воениздат. 1997. 120 с.
4. Телов В.И. Наплавные мосты и паромные переправы. Учебное пособие. Л.: ВАТТ. 1971. 140 с.
5. Методические рекомендации по устройству, ремонту, содержанию и эксплуатации паромных переправ и наплавных мостов. ОДМ 218.2.036 - 2013. М.: Федеральное дорожное агентство «Росавтодор». 2013. 220 с.

УДК 73.29.01

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КРАТКОСРОЧНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

*Дрещинский Владимир Александрович – доктор военных наук, профессор  
Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВС РФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10, литер А,  
madresh@yandex.ru*

*Аннотация:* Изложены проблемы краткосрочного восстановления разрушенных объектов инфраструктуры железных дорог. Предложены новые методы краткосрочного восстановления объектов инфраструктуры железных дорог в современных условиях.

*Ключевые слова:* железнодорожные войска России, технологии и методы краткосрочного восстановления железных дорог.

## THE NEW TECHNOLOGIES SHORT-TERM RECOVERY OF RAILWAYS INFRASTRUCTURE

*Dreshchinskiy Vladimir A. – Doctor of Military Science, Professor, Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation  
Voskresenskaya emb., 10a, St.Petersburg, 191123, Russian Federation,  
madresh@yandex.ru*

*Abstract.* The aspects of short-term recovery of destroyed infrastructure of the Railways. New methods of short-term restoration of the railway infrastructure in modern conditions. are proposed.

*Keywords:* Russian railway troops, technologies and techniques short-term restoration of Railways.

При возникновении военных конфликтов одним из ключевых объектов массового воздействия вероятного противника будут объекты инфраструктуры железных дорог, разрушение которых может существенно повлиять на оперативные, снабженческие, эвакуационные и иные народно-хозяйственные перевозки. Проведенный анализ сценариев ведения военных действий, показал, что в крупномасштабном военном конфликте только в первом ударе крылатыми ракетами и стратегической авиацией вероятного противника можно ожидать

поражения с различной степенью разрушения 17–25 важнейших объектов инфраструктуры железных дорог на глубину до 1500 км. В последующих ударах можно прогнозировать разрушение двух–трех больших (средних) мостов и одного–двух железнодорожных узлов (станций) в сутки, на глубину до 500 км. Это может привести к существенным нарушениям, а иногда и к срыву железнодорожных перевозок.

Максимально быстрое, в течение 1–3 суток, возобновление прерванного железнодорожного движения является главной задачей возлагаемой на Железнодорожные войска в условиях современных военных действий. Учитывая требования, предъявляемые к возобновлению движения, можно утверждать, что преимущественным будет краткосрочное восстановление разрушенных объектов инфраструктуры железных дорог.

Наиболее сложными в плане восстановления являются мостовые переходы, капитальное и даже временное восстановление которых требует значительного времени, иногда до нескольких лет, что не может быть приемлемым при подготовке и в ходе ведения операций. Краткосрочное восстановление военных железнодорожных мостов должно обеспечивать пропуск поездов установленной массы и пропускной способности в течение операции или другого периода времени. При этом под военными железнодорожными мостами понимаются мосты, сооружаемые на железных дорогах для обеспечения всех видов воинских перевозок, выполняемых в интересах ведения и всестороннего обеспечения боевых действий. Военные железнодорожные мосты проектируются по облегченным нормам без повышенных запасов прочности и предназначаются для обеспечения движения поездов в ограниченный период времени (от нескольких суток до нескольких лет).

Краткосрочное восстановление разрушенных мостовых переходов, как правило, осуществляется наведением на подготовленных обходах наплавных железнодорожных мостов из табельных понтонных парков или местных плавсредств, а также строительством низководных мостов или металлических эстакад из инвентарных конструкций типа РЭМ-500. При сохранении опор, для восстановления железнодорожных мостов по старой оси возможно использование как временных, так и капитальных металлических пролетных конструкций. Допускается устройство надстроек на обрушенных пролетных строениях. В определенных условиях краткосрочное восстановление может производиться устройством паромных, ледяных и свайно-ледяных переправ [1]. Скорости движения поездов по краткосрочным мостам могут снижаться до 15–5 км/час.

Для возведения военных мостов в условиях военных действий, как правило, используют временные быстровозводимые конструкции, монтаж которых занимает до нескольких суток. В настоящее время наибольшее распространение получили инвентарные сборно-разборные пролетные строения полной длины от 18,6 до 34,2 м. Наибольшая масса элементов таких конструкций может составлять 1,0 до 5,8 т в зависимости от типа строения. Также используются пролетные строения из сварных широкополочных двутавровых балок, масса только одного погонного метра которых может составлять 200–350 кг. Мостовое полотно на таких конструкциях, как правило, устраивается с деревянными поперечинами.

Разработанные 60–80-х гг. прошлого столетия, данные сборно-разборные конструкции к настоящему времени уже морально устарели. Их доставка в район мостового перехода автомобилями с прицепами, оборудованными поворотными турникетами, или трейлерами требует длительного времени. Сборка металлических пролетных строений возможна с использованием автомобильных кранов большой грузоподъемности, а их установка требует применения специальных консольных кранов.

Сегодня появились новые возможности восстановления разрушенных железнодорожных мостов с использованием комплекта конструкций из металла или композитных материалов (панелей, поперечных балок, ортотропных плит и опорных стоек), максимальная масса элементов которых не превышает 800 кг, а их габариты составляют 3,00 на 1,50 м. Элементы пролетного строения показаны на рис. 1.

Сборка таких конструкций (например, мост типа «ТАЙПАН» [2]) осуществляется по принципу конструктора и не требует применения тяжелой специальной техники. Жесткий несущий каркас собирается посредством различных сборно-разборных соединений. Надстройки опор могут собираться из тех же элементов, что и пролетное строение. Сборка пролетного

строения, состоящего из нескольких продольных ферм решетчатого типа, соединенных между собой поперечными балками, может проводиться вручную на берегу, соединением элементов жесткого несущего каркаса шпильками. Каждая ферма моста выполнена из одного или нескольких параллельных несущих панелей, соединенных между собой поперечными связями и закрепленных на концах поперечных балок, при этом сами поперечные балки соединены между собой в каждом ряду диагональными связями. В необходимых случаях может использоваться легкое крановое оборудование. Использование коротких трехметровых блоков позволяет получить пролетные строения практически любой длины. При необходимости может осуществляться сооружение промежуточных рамно-свайных опор.

По предварительным оценкам, такая конструкция обеспечивает доставку элементов комплекта к разрушенному объекту в течение одних суток, а собственно монтаж пролетных мостовых строений при работе в три смены за 1–2 суток, может позволить сократить трудоемкость сооружения пролетного строения на 70–80 % и существенно сократить сроки восстановления моста.

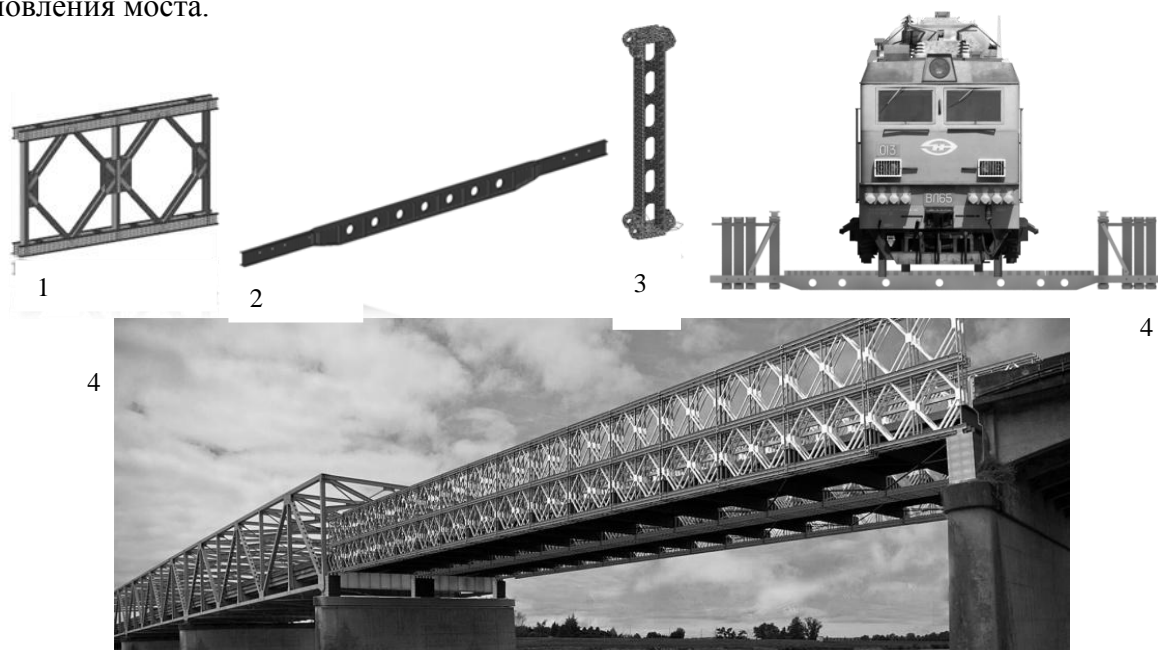


Рисунок 1 – Сборка пролетных строений из типовых элементов (по материалам [2]): 1 – панель; 2 – поперечная балка; 3 – опорная стойка; 4 – собранное пролетное строение

Достаточно перспективным способом восстановления пролетных строений железнодорожных мостов может стать использование сборно-разборных пролетных строений из сварных балок с гофрированной стенкой, объединенных между собой продольными и поперечными связями [3]. Балки с гофрированными стенками могут использоваться во всех тех же ситуациях, что и инвентарные сборно-разборные пролетные строения. Вариант использования подобной конструкции показан на рис. 2.

Основными преимуществами применения подобных конструкций являются, уменьшение их массы, снижение стоимости конструкций и их транспортировки, уменьшение трудоемкости монтажа больших пролетных строений и, как следствие, сокращение сроков восстановления объектов. Мостовое пролетное строение с применением сборно-разборных пролетных строений из сварных балок с гофрированной стенкой позволяет эффективно применять их при восстановлении разрушенных объектов.





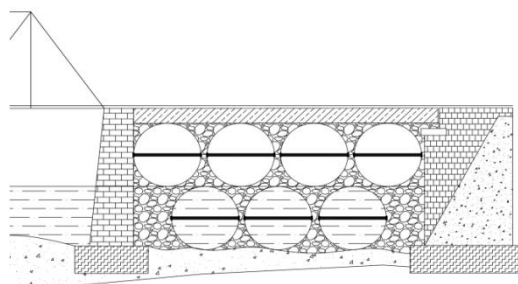
*Рисунок 2 – Балочное сборно-разборное пролетное строение с применением сварных двутавров с гофрированной стеной, объединенные вертикальными и горизонтальными связями жесткости (по материалам [3])*

Еще одним перспективным способом краткосрочного восстановления разрушенных военных мостов на прочных грунтах могут стать технологии восстановления вертикальных пойменных опор или элементов надстроек частично разрушенных опор, а также пролетных строений на основе металлических гофрированных конструкций (МГК) из тонколистовой стали, как например, конструкции производства АО «Гофросталь» [4,5].

Опоры или надстройки разрушенных опор могут представлять собой грунтозасыпное коробчатое устройство связанных секций из оцинкованных стальных профилированных элементов, в том числе: стальных корытных гофрированных профилей, стоек, распорных и соединительных деталей, объединенных в общую конструкцию болтовыми соединениями. Внутреннее пространство секций заполняется местным водопроницаемым грунтом или заливается бетоном. Размеры секций подбираются с учетом специальных геотехнических решений в зависимости от рельефа местности и предполагаемых нагрузок.

В качестве конструкций для пролетных сооружений могут использоваться МГК шириной от 7 до 14–18 м установленные друг на друга. Основные габариты конструкций выбирают в пределах границ между соседними опорами. Установленные стенки конструкций пролетных сооружений засыпаются скальным грунтом до обеспечения требуемых прочностных характеристик. Аналогично МГК могут применяться для восстановления разрушенных береговых устоев мостов. Схема краткосрочного восстановления разрушенного пролетного строения с использованием МГК показана на рисунке 3.

Опыт показывает, что подобные мостовые конструкции успешно применялись при возведении искусственных сооружений пролетами до 20 м. Основными преимуществами МГК являются малый вес и компактность, низкие транспортные расходы, отсутствие необходимости возведения фундаментов, простой монтаж на строительной площадке, применение местного грунта при засыпке сооружения и, как следствие, минимальные сроки восстановления разрушенных объектов.



*Рисунок 3 – Сборка МГК и схема восстановления разрушенного пролетного строения с использованием металлических гофрированных конструкций (по материалам [4])*

Применение инновационных технологий краткосрочного восстановления разрушенных объектов инфраструктуры железных дорог может позволить существенно сократить сроки восстановления прерванного железнодорожного сообщения, что имеет решающее значение при подготовке и проведении операций. Однако необходимо отметить, что предлагаемые способы и технологии требуют проведения дополнительных испытаний и разработки практических рекомендаций по проведению прочностных расчетов.

#### *Список литературы*

1. Григорьев Б.М., Вуколов С.А., Квитко А.В. Организация восстановления мостов на железных дорогах / СПб: ВА МТО. 2014. 286 с.
2. Сборно-разборный универсальный мост. Патент на полезную модель №137558, кл. E01D 15/133 от 20.02.2014 г.
3. Лукин А.О., Суворов А.А. Пролетные строения мостов с гофрированными металлическими стенками. «Строительство уникальных зданий и сооружений» 2016. № 2 (41).
4. Изделия строительные металлические из гофрированных листов для конструкций инженерных сооружений. Стандарт организации СТО 33027391 2013. М.: ЗАО «Гофро-сталь». 2013.
5. Остерман Е.Д., Шутова О.А. Анализ типов сооружений из металлических гофрированных конструкций. Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура 2016. Т. 7. № 1.

УДК 004.94, 656.078, 656.25

## **О РАЗРАБОТКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА МОДИФИКАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СЛОЖНЫХ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

*Трудов Олег Геннадьевич – ОАО «Российские железные дороги», joss@mail.ru*

*Целикова Татьяна Владимировна – ОАО «Российские железные дороги», ctv1@mail.ru*

*Аннотация.* Исследуется динамика пожаров на стационарных объектах ОАО «РЖД» и применение автоматических установок пожаротушения. Рассматриваются вопросы оценки эффективности метода модификационного управления стоимостью жизненного цикла сложных пожарно-технических систем. Разрабатываются показатели дисконтированной стоимостной модификации продукции, плановой экономии стоимостью жизненного цикла, рентабельности модификаций.

*Ключевые слова:* показатели, управление, затраты, жизненный цикл, инвестиционное планирование, автоматические системы пожаротушения, железнодорожный транспорт.

## **ABOUT DEVELOPING INDICATORS OF EFFECTIVE METHODS OF MODIFICATION COST OF MANAGING LIFE CYCLE OF COMPLEX FIRE AND TECHNICAL SYSTEMS FOR RAILWAYS**

*Trudov Oleg G. – JSC «Russian Railways»*

*Tselikova Tat'yana V. – JSC «Russian Railways»*

*Abstract.* The dynamics of fires at fixed facilities of JSC «Russian Railways» and the use of automatic fire extinguishing installations are studied. Questions of an estimation of efficiency of a method of modifying management by cost of a life cycle of complex fire-technical systems are con-

*sidered. Developed indicators of discounted value modification of products, planned economy cost of the life cycle, profitability of modifications.*

*Keywords: indicators, management, costs, life-cycle, investment planning, automatic fire extinguishing systems, railway transport.*

Железнодорожный транспортный комплекс России насчитывает более 24,5 тыс. предприятий, около 1,5 млн. работников, 200 тыс. км железнодорожных путей, более 25 тыс. единиц тягового подвижного состава и более 1,5 млн. вагонов. Доля железнодорожного транспорта в грузообороте [1] составляет порядка 84%, а по пассажирообороту – 39%. Поэтому эффективное, устойчивое и безаварийное функционирование железнодорожного транспорта является одной из составляющих жизнеобеспечения и национальной безопасности страны.

Основные объекты, представляющие пожарную опасность на железной дороге [1], включают: железнодорожные станции, разъезды, вагонные депо, переезды, дорожные электромеханические мастерские, поселковые пристанционные застройки, путевые машинные станции; дистанции пути; локомотивные депо; дистанции гражданских сооружений и др.

Пожарная опасность этих объектов определяется наличием горючих веществ и материалов и использованием технологического оборудования, а так же присутствием обслуживающего персонала.

Наибольшую эффективность при ликвидации возгораний и тушения пожаров получили автоматические установки пожаротушения (АУПТ). Однако, не смотря на положительную динамику реагирования АУПТ на пожар и выполнение функций тушения [2,3], а также кардинального уменьшения числа пожаров на объектах железнодорожной инфраструктуры ОАО «РЖД» за последние три года, существует необходимость оптимизации работы по оборудованию объектов компании различными системами автоматической противопожарной защиты, а также совершенствования их аппаратной и инструментальной базы, повышения надежности.

Любое совершенствование сложных пожарно-технической систем (СПТС), в том числе и АУПТ, и оптимизация их функционирования, требует определенных капиталовложения от момента ее проектирования до утилизации [4-6].

С введением понятия жизненного цикла и его стоимости функционирование приобретаемого объекта или системы стало рассматриваться как совокупность взаимосвязанных процессов [7].

Расчет стоимости жизненного цикла [8,9] предполагает определение суммарного значения стоимости затрат на объект в течение следующих пяти этапов:

- 1) разработки;
- 2) приобретения;
- 3) монтажа;
- 4) эксплуатации;
- 5) утилизации.

Оценка стоимости жизненного цикла сложной технической системы выполняется, используя совокупные данные о затратах от поставщика, потребителя и обслуживающих систему организаций.

Как было показано в [1,8], затраты жизненного цикла технической системы включают следующие затраты: цену приобретения, сопутствующие единовременные расходы, эксплуатационные издержки за весь срок службы и расходы на утилизацию.

К сожалению, в границах метода стоимость жизненного цикла потребителю, эксплуатирующему существующие технические системы, не представляется возможным напрямую влиять на процесс совершенствования эксплуатационных характеристик новых разрабатываемых технических систем.

Метод модификационного управления стоимостью жизненного цикла [9] технических систем устраняет этот ключевой недостаток.

Данный метод позволяет задействовать потребителя в модификации товара и его функциональных, качественных и стоимостных характеристик.

Метод модификационного управления стоимостью жизненного цикла предполагает определение суммарного значения стоимости затрат на объект в течение следующих стадий (рис. 1) [10].

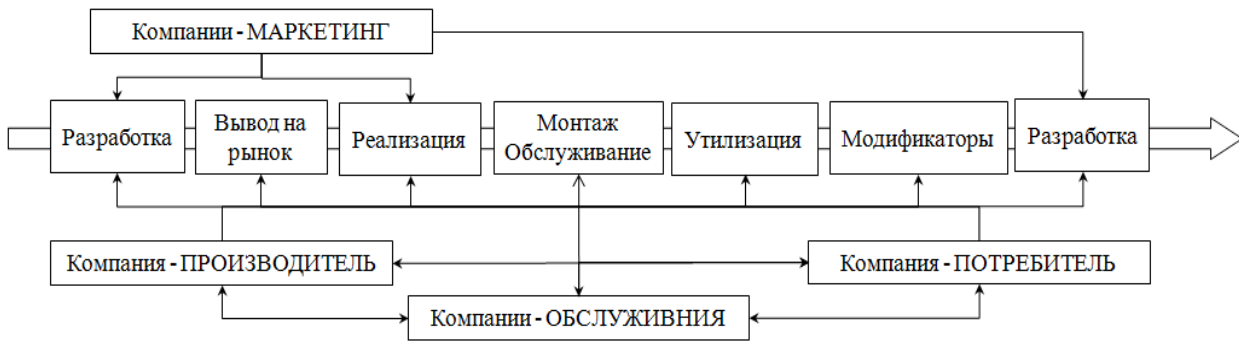


Рисунок 1 – Стадии жизненного цикла технической системы

Однако возникает задача оценки эффективности метода модификационного управления СЖЦ СПТС, для решения которой предлагаются следующие коэффициенты.

Коэффициент  $K_R$  дисконтированной стоимостной модификации продукции:

$$K_R = \frac{LCC}{LCC_R} = \begin{cases} \geq 1 & \text{Эффективное управление} \\ \leq 1 & \text{Нэффективное управление} \end{cases} \quad (1)$$

где  $LCC$  – стоимость жизненного цикла СПТС;  $LCC_R$  – стоимость жизненного цикла модифицированной СПТС.

Разница между СЖЦ существующей и модифицированной СПТС определит величину плановой экономии СЖЦ:

$$LCC_i - LCC_R^j = ELC_{i,j}, \quad (2)$$

где  $LCC_i$  – СЖЦ  $i$ -й существующей СПТС;  $LCC_R^j$  – СЖЦ  $j$ -й модифицированной СПТС;  $ELC_{i,j}$  – плановая экономия СЖЦ при внедрении  $j$ -й модифицированной СПТС вместо существующей  $i$ -й.

Таким образом, общая плановая экономия СЖЦ  $ELC$  по всем СПТС при их модификации может быть представлена в виде:

$$ELC = \sum_{i,j} ELC_{i,j}. \quad (3)$$

где  $ELC_{i,j}$  – плановая экономия СЖЦ при внедрении  $j$ -й модифицированной СПТС вместо существующей  $i$ -й.

Для оценки эффективности управления финансовым планированием целесообразно ввести коэффициент рентабельности модификаций:

$$K_{ELC} = \frac{\sum_{i,j} ELC_{i,j}}{\sum_i LCC_i} \cdot 100\%. \quad (4)$$

Таким образом, представленная система коэффициентов (1)–(4) позволяет оценить эффективность управления финансовым планированием в границах метода модификационного управления стоимости жизненного цикла технических систем [11].

Система коэффициентов, введенная для оценки эффективности управления финансовым планированием в границах представленного метода, также расширяет аналитический базис оценки жизненного цикла.

#### *Список литературы*

1. Думнов С.Н., Тарасенко В.А. Количественная оценка пожарной опасности и безопасности объектов железнодорожного транспорта // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2013. № 4 (67). С. 44-52.
2. [http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2017\\_god](http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2017_god)
3. Малыгин И.Г., Таранцев А.А., Иванов С.А., Наумушкина К.А., Столярова А.А. Об обеспечении пожарной безопасности двухэтажных вагонов // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 7. С. 28-38.
4. Красковский А.Е. О путях совершенствования системы управления в ОАО «РЖД» // Транспорт Российской Федерации. 2006. № 3 (3). С. 37-39.
5. Малыгин И.Г. Методы принятия решений при разработке сложных пожарно-технических систем / Монография. СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, 2007. 288 с.
6. Малыгин И.Г., Беликов В.С., Катцын Д.В., Цыганов В.В. Системные аспекты пожарной безопасности на железнодорожном транспорте / Монография. СПб.: ИПТ РАН, 2011. 152 с.
7. Young A. Increasing returns and economic progress // Economic Journal. Vol. 38. 1928. pp. 527-542.
8. Трудов О.Г. Модель модификационного управления стоимостью жизненного цикла сложных пожарно-технических систем железнодорожного транспорта // В сборнике: Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно-практической конференции. СПб.: ИПТ РАН, 2016. С. 116-122.
9. Trudov O., Porokhova N., Rudakov E. IPEM indices as an alternative approach to online monitoring of the industrial production // Railway Equipment – Special Edition for Innotrans 2010. P.42-46.
10. Trudov O., Kostrikin K. Life cycle cost (LCC) methodology application to determine the promising directions of innovative product development // Railway Equipment – Special Edition for Innotrans. 2012. P. 68-73.
11. Малыгин И.Г., Трудов О.Г. Метод модификационного управления стоимостью жизненного цикла противопожарных технических систем // Пожаровзрывобезопасность. 2016. № 5 (25). С. 5-17.

УДК 652.2

## **ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ПРИ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**Бардулин Евгений Николаевич** – доктор экономических наук, профессор, начальник кафедры управления и интегрированные маркетинговые коммуникации  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, [bardulin@mail.ru](mailto:bardulin@mail.ru)

Аннотация. Раскрыты вопросы пожарной безопасности пассажирских вагонов железнодорожного подвижного состава, проанализированы нормативно-правовые акты, регламентирующие требования пожарной безопасности, приведены показатели пожарной опасности вагонов.

*Ключевые слова: пожарная безопасность, пассажирские вагоны, показатели пожарной опасности.*

## FIRE HAZARD OF PASSENGER WAGONS AT THEIR CONSTRUCTION AND OPERATION

*Bardulin Evgeniy N. – Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Management and Integrated Marketing Communications, St. Petersburg State University Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, bardulin@mail.ru*

*Abstract. This article deals with issues of fire safety of passenger cars of railway rolling stock, analyzed regulations governing fire safety requirements are given indices of fire danger of cars.*

*Keywords: fire safety, passenger carriages, fire danger.*

Железнодорожный транспорт является наиболее эффективным видом транспортной системы, обеспечивают высокоскоростные массовые перевозки пассажиров в пределах территории Российской Федерации. Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации пассажирских вагонов свидетельствует об их высокой пожарной опасности. Тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ в пассажирских вагонах подвижного состава осложняется сильным задымлением, трудностями в управлении подразделениями пожарной охраны.

Наиболее опасным случаем является пожар подвижного состава, при котором создается сложная обстановка, как для его ликвидации, так и для эвакуации пассажиров. При возникновении пожара в подвагонном оборудовании или аппаратном отсеке вагона возможна угроза отравления продуктами горения людей, находящихся в вагоне, уже на 3 минуте, а через 10 минут горение может проникнуть в салон вагона. В течение 20 минут горение распространяется на весь вагон, температура в нем достигает 900-1000°C.

В связи с этим особое значение приобретают вопросы безопасности пассажиров и обслуживавшего персонала, а также личного состава подразделений пожарной охраны, принимающих участие в тушении пожара.

Общие принципы обеспечения пожарной безопасности объектов защиты и находящихся в них людей, определены Федеральным законом № 123 [1], а также принятыми в соответствии с ним нормативными документами по пожарной безопасности (стандарты, своды правил, нормы, правила и др.).

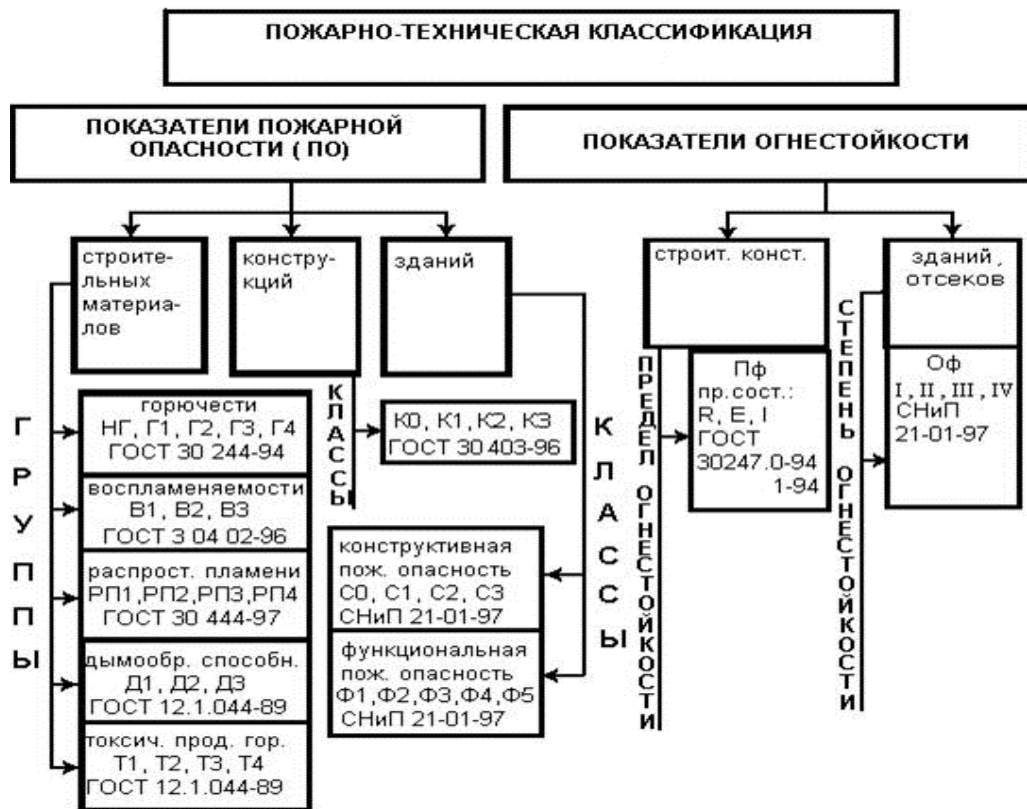
Основное условие обеспечения безопасности людей на объекте защиты состоит в том, чтобы эвакуация была завершена до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара.

На сегодняшний день требования пожарной безопасности пассажирских вагонов установлены Федеральным законом № 69 [2] и ГОСТ Р 55183-2012 [3].

В соответствии с данными нормативно-правовыми актами, материалы, используемые при эксплуатации вагонов, должны иметь документ, подтверждающий их соответствие требованиям пожарной безопасности в порядке, установленном техническим регламентом. К сожалению, не вся продукция, используемая для отделки вагонов, проходит экспертизу.

Показатели пожарной опасности пассажирских вагонов представлены на рисунке.

Неметаллические материалы, применяемые для конструкций внутреннего оборудования вагонов, должны быть согласованы с органами ведомственного пожарного надзора на железнодорожном транспорте и иметь документально подтвержденные испытаниями показатели пожарной опасности по группе горючести, коэффициенту дымообразования, индексу распространения пламени и токсичности продуктов горения (ГОСТ 12.0.003-74.) [4].



*Рисунок – Показатели пожарной опасности пассажирских вагонов*

Требования к материалам, которые используются в вагонах по показателям пожарной опасности, приведены в таблице.

*Таблица – Показатели пожарной опасности применяемых материалов*

Применяемый материал	Показатели пожарной опасности материала			
	Группа горючести материала	Индекс распространения пламени, не более	Коэффициент дымообразования, м <sup>2</sup> /кг, не более	Показатель токсичности, г/м <sup>3</sup> , более
Для подшивки термоизоляции крыши, термоизоляции крыши при отсутствии подшивки, воздуховода вентиляционной установки, потолков. Допускается по согласованию с органом пожарного надзора на железнодорожном транспорте использовать для изготовления и замены потолков вагонов трудно горючие материалы	Негорючий	-	-	-
Для термоизоляции кузова, рундуков	Негорючий или трудногорючий	20	500	40
Для перегородок, багажных полок, каркасов спальных полок (диванов) и кресел, мебели, обшивки стен и дверей, закладных деталей, обрешетки стен, обрешетки потолков и крыши, труб водоснабжения и водяного пожаротушения	Негорючий или трудногорючий	20	500	40
Для облицовки потолков, облицовки поверхностей стен, перегородок, мебели	Трудногорючий	20	500	40

Для гидроизоляции термоизоляции, гидроизоляции диффузоров, компенсирующих вставок и звукоизолирующих элементов вентустановки, звукоизоляции потолков, теплоизоляции труб, баков водоснабжения, труб отопления, воздухопроводов	Труднорючий или трудновоспламеняемый	20	500	40
Для занавесей, штор, обивки спальных полок, диванов и кресел	Трудновоспламеняемый	20	1500	40
Для покрытия полов	Умеренногорючий	20	1000	40
Для напольных ковровых покрытий	Умеренновоспламеняемый	20	1000	40

В конструкции вагона должны быть предусмотрены противопожарные преграды или противопожарные разделки, которые должны препятствовать распространению горения (противопожарные перегородки, фрамуги, междуэтажное перекрытие двухэтажного вагона).

Электрооборудование вагона по пожарной безопасности должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0 (пункт 3.1.10) [5]. Электрическая прочность изоляции электрических цепей вагона должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 55182 [6].

Безопасную эвакуацию людей из пассажирских вагонов при пожаре в соответствии с требованиями технического регламента следует считать обеспеченной, если интервал времени от момента обнаружения пожара автоматическими пожарными извещателями до завершения процесса эвакуации людей в безопасную зону (расчетное время эвакуации) не превышает необходимого времени эвакуации людей при пожаре.

Расчетное время эвакуации пассажиров должно быть определено проектными организациями для каждой модели вагона в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-91 [7].

Необходимое время эвакуации (время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара, имеющих предельно допустимые для людей значения) должно быть определено для каждой модели вагона при его натуральных огневых испытаниях. Допускается указанное время определять на полномасштабных фрагментах вагонов.

Вагоны (кроме специальных) должны иметь не менее двух аварийных выходов (окон) с каждой стороны, а двухэтажные – не менее двух на первом этаже с каждой стороны и не менее одного аварийного выхода (окна) с каждой стороны на втором этаже.

У каждого окна аварийного выхода следует располагать табличку с информацией в текстовом или графическом виде о дополнительной функции окна и последовательности действий в случае возникновения пожара или других чрезвычайных ситуаций.

Применительно к двухэтажным вагонам было промоделированы различные сценарии развития пожара в них и показана опасность для пассажиров 2-го этажа ввиду блокирования эвакуационных выходов. При эксплуатации двухэтажного вагона устройства, обеспечивающие самоспасение из окон аварийных выходов второго этажа, в виде складных лестниц или фалов, трапов, рукавов, должны иметь документ, подтверждающий их соответствие требованиям пожарной безопасности в установленном техническим регламентом порядке [8].

Таким образом, стоит уделить особое внимание при самоспасении людей на пожаре или аварии со второго этажа вагона через аварийный выход, оборудованный веревочной лестницей. Высота расположения аварийного выхода не позволяет быстро попасть в безопасную зону путем совершения прыжка, так как высота расположения выхода не обеспечивает безопасное приземление на поверхность земли или платформы без соответствующей физической подготовки. Исходя из риска травмирования людей при эвакуации со второго этажа, а может быть и полное отсутствие возможности эвакуации из-за такого фактора как паника людей, следует предусмотреть более легкий, доступный и надежный способ эвакуации пассажиров со второго этажа вагона. Здесь необходимо учитывать два основных условия прове-



дения эвакуации – время до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара и максимальное количество пассажиров в вагоне.

Особое внимание следует уделять превентивным мерам, в частности, проверке подвижного состава перед выходом на линию [9].

#### *Список литературы*

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. ГОСТ Р 55183-2012. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Требования пожарной безопасности.
3. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
4. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.
5. ГОСТ 12.2.007.0. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
6. ГОСТ Р 55182-2012. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования.
7. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с изм. № 1).
8. Малыгин И.Г., Таранцев А.А., Иванов С.А., Наумушкина К.А., Столярова А.А. Об обеспечении пожарной безопасности двухэтажных вагонов // Научно-технический журнал «Пожаровзрывобезопасность». 2017. № 7. С. 28-39.
9. Регламент проверки пожарной безопасности на ЖДТ. Распоряжение ОАО «РЖД» от 14.08.2013 г. № 1773р.

УДК: 622.012.2

## **СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ КАК РЕЗЕРВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

*Мардас Дмитрий Анатольевич – научный сотрудник 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)*

*Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВСРФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10А, denmarru@mail.ru*

*Соколов Сергей Алексеевич – оператор научной роты ВА МТО 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)*

*Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВСРФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб. д. 10А*

*Аннотация.* В работе рассматриваются вопросы актуальности применения солнечных батарей в качестве резервных источников питания на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта. Приведен анализ международного опыта размещения солнечных батарей на автомобильных и железнодорожных транспортных средствах. Показана актуальность и рациональность развития направления альтернативных источников электропитания на базе солнечных батарей.

*Ключевые слова:* солнечная батарея, объекты железнодорожной инфраструктуры, альтернативные источники питания.

## **SOLAR PANELS AS A BACKUP SOURCE OF POWER SUPPLY ON THE OBJECTS OF RAILWAY INFRASTRUCTURE**

*Mardas Dmitriy A. – postgraduate student, NS (researcher) Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation*

*Voskresenskaya Emb., 10a, St.Petersburg, 191123, Russian Federation, denmarru@mail.ru*

*Sokolov Sergey A. – operator of NR MTO Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation*

*Voskresenskaya emb., 10a, St.Petersburg, 191123, Russian Federation*

*Abstract.* The paper discusses the relevance of the use of solar batteries as backup power sources on the objects of railway infrastructure. The analysis of international experience in the placement of solar panels on road and rail vehicles. The urgency and expediency of development of alternative power sources based on solar panels.

*Keywords:* solar battery, railway infrastructure, alternative sources of supply.

В результате природных катастроф, стихийных бедствий или негативного человеческого вмешательства могут быть нарушены продольные (магистральные) линии электропередач, подведенные к объектам инфраструктуры железных дорог. Что, в свою очередь, может привести к обесточиванию данных объектов и нарушению их полноценного функционирования. Кроме того при проведении строительно-восстановительных работ далеко не всегда строительная площадка может быть подключена к централизованной системе энергообеспечения. В таких случаях, чаще всего, для обеспечения электропитания или его резервирования применяют дизельные электрогенераторы. Однако наряду с общеизвестными преимуществами данного способа, такими как мобильность передвижных дизельных электрогенераторов, есть и явные недостатки: высокая стоимость эксплуатации, низкий КПД, большой вес установки (для транспортировки может потребоваться грузовой автотранспорт), а так же необходимость хранить запас горюче-смазочных материалов.

В настоящее время в России и за рубежом динамично развивается направление альтернативных источников электропитания на базе солнечных батарей, как стационарных, так и передвижных. Первые прототипы солнечных батарей были созданы в середине XX века итальянским фотохимиком Джакомо Луиджи Чамичаном, а 24 апреля 1954 года специалисты компании Bell Laboratories заявили о создании первых солнечных батарей на основе кремния для получения электрического тока.

Солнечные батареи – это генераторы постоянного тока на основе объединения фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов), к которым подключаются аккумуляторы с контроллером заряда и специальными устройствами – инверторами, непосредственно предназначенными для преобразования постоянного тока в переменный [1].

Схема сборки простейшей системы энергообеспечения из указанных элементов и подключения к ней потребителей представлена на рис. 1.

На панелях, устанавливаемых под открытым небом, располагается множество фотоэлементов для трансформации солнечной энергии в электрическую.

Вся система солнечных батарей работает за счет попадания квантов солнечного излучения на пластину полупроводника, закрепленного на панелях-улавливателях. Кванты солнечного излучения взаимодействуют между собой и это создает некоторое количество свободных электронов, что приводит к возникновению постоянного электрического тока.

Благодаря последовательному и параллельному соединению всех отдельных фотоэлементов воедино создается определенное количество энергии. Скомбинировав оба способа соединения элементов – достигается бесперебойная работа солнечной батареи. В качестве соединяющих элементов для панели используются диоды, которые в свою очередь не допускают ее перегрева и одновременно не дают аккумуляторам самостоятельно разрядиться [2].

Для «сбора» и «хранения» энергии от солнечной панели используются аккумуляторы со специальным контроллером заряда, а чтобы предотвратить поломку всей системы от избыточной мощности, к ней подключают резистор.

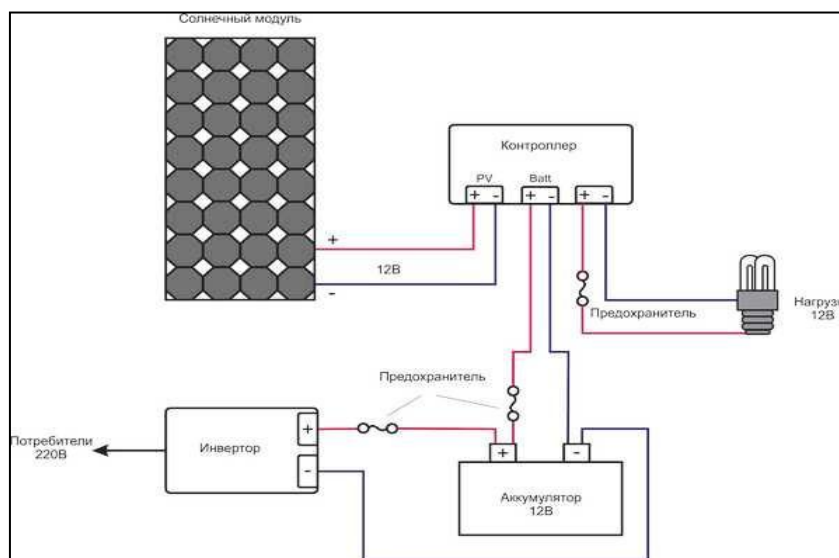


Рисунок 1 – Элементы солнечной батареи, схема сборки системы энергообеспечения и подключения к ней потребителей

Установка инвертора необходима для преобразования постоянного тока в переменный, которым можно пользоваться для решения бытовых потребностей, таких как наружное и внутреннее электроснабжение жилых и нежилых помещений в общем случае и объектов инфраструктуры железных дорог в частности [3].

К основным преимуществам солнечных батарей относятся:

- отсутствие финансовых и ресурсных затрат во время эксплуатации (выработке и накоплении электроэнергии);
- долговечность;
- применение природного, неиссякаемого ресурса – солнечного излучения;
- автономность в работе и минимальные требования к техническому обслуживанию;
- отсутствие шума при работе;
- высокий уровень КПД;
- 0% загрязнения окружающей среды.

Установка солнечных батарей на объектах инфраструктуры железных дорог, на временных строительных площадках или местах проведения восстановительных работ может позволить существенно сэкономить на их освещении и отоплении, особенно система эффективна в широтах с преобладающим большинством солнечных дней в году. Следует отметить также, что в зимнее время солнечные батареи, к примеру, способны обеспечить жилое помещение горячей водой и отоплением примерно на 70% от его потребности [4].

Для максимально эффективного использования солнечных батарей необходимо точно рассчитать мощность предполагаемых потребителей, а так же учитывать следующие «правила»:

- солнечные панели должны быть установлены под углом от 30° до 85° к линии горизонта и предпочтительно направлены на юг;
- место для установки необходимо выбрать таким образом, чтобы обеспечить отсутствие деревьев или различных построек, которые могут повлиять на попадание солнечного излучения на фотоэлементы модуля;
- если солнечные панели устанавливаются на крыше здания – удостоверится в крепости кровельной системы и надежности крепежа, т.к. они должны выдерживать не только вес самих панелей, но и снежного покрова при эксплуатации в зимний период.

Важной особенностью систем на базе солнечных батарей является и то, что их применение возможно не только на неподвижных объектах. Так, например, при правильном расположении световых панелей, их можно установить на крыше кузова грузового автомобиля (рис. 2) или железнодорожного вагона (рис. 3).

Внедрение такого решения может обеспечивать электроэнергией оборудование мобильных передвижных лабораторий, органов управления специальной железнодорожной техники, подвижных узлов связи, что, в свою очередь, может позволить снизить расход топлива данных средств на 1 км пути и во время стоянки.



*Рисунок 2 – Солнечные панели на крыше грузового автомобиля*



*Рисунок 3 – Солнечные панели на крыше железнодорожного вагона*

Международный опыт внедрения солнечных батарей на железнодорожном транспорте наглядно показывает достаточно высокую эффективность такого решения. Так, например, в июле 2017 года компания Indian Railways запустила Железнодорожный состав,двигающийся по кольцевому маршруту в городе Нью-Дели. Тягу состава осуществляет дизельный тепловоз, а на крышах шести его вагонов установлены солнечные панели для обеспечения всех систем поезда. Специалисты компании Indian Railways подсчитали, что за год данный поезд позволит сэкономить порядка 21000 литров топлива, а срок окупаемости модернизации составит около 9 месяцев [5].

#### *Список литературы*

1. Фалеев Д.С. Возобновляемые и ресурсосберегающие источники энергии. Физические основы, практические задачи; применение электропитания устройств автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте: учебное пособие. Хабаровск: Издательство ДВГУПС. 2003. 70 с.
2. Байерс Т. 20 конструкций с солнечными элементами: учебник. М: Мир. 1988. 197 с.
3. Тайсаева В.Т. Энергоэффективные технологии жизнеобеспечения с солнечными системами теплоснабжения. 2007.
4. Бердиев Г. И., Мусурмонкулов М. У. Горизонты использования альтернативных источников энергии // Молодой ученый. 2014. № 4. С. 473-475.
5. Индия запустила свой первый пассажирский поезд с солнечными батареями на крыше вагонов // URL: <http://www.novate.ru/news/5229>, дата обращения: 11.09.2017 г.

УДК: 625.731

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА РАСЧЕТНУЮ ГЛУБИНУ ПРОМЕРЗАНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В УСЛОВИЯХ СИБИРСКОГО РЕГИОНА**

*Соколов Сергей Алексеевич – оператор научной роты ВА МТО 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)  
Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВСРФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб. д. 10А, denmarru@mail.ru*

*Мардас Дмитрий Анатольевич* – научный сотрудник 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)

*Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВС РФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб. д. 10А, denmarru@mail.ru*

*Донцов Иван Павлович* – кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)

*Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВС РФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб. д. 10А, dontsovip@mail.ru*

Аннотация. В работе рассматривается проблема действия сил морозного пучения при строительстве железнодорожных линий и фундаментов сооружений в условиях Сибирского региона. Приводится расчет и сравнительный анализ величин глубин промерзания с теплоизоляционным покрытием и без теплоизоляционного покрытия в программе Freeze-1.

Сформулирован вывод и предложена рекомендация для подбора толщины теплоизоляционного покрытия в условиях Сибирского региона.

Ключевые слова: земляное полотно морозное пучение, теплоизоляционное покрытие, глубина промерзания.

## ANALYSIS OF THE EFFECT OF AIR TEMPERATURE ON THE CALCULATED DEPTH OF FREEZING OF THE SUBGRADE IN TERMS OF THE SIBERIAN REGION

*Sokolov Sergey A. – operator of NR MTO*

*Mardas Dmitriy A. – postgraduate student, NS (researcher), Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation*

*Dontsov Ivan P. – Candidate of Military Sciences, docent, SNS (senior researcher) of the research department*

*Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation  
Voskresenskaya emb., 10a, St. Petersburg, 191123, Russian Federation*

Abstract. This paper considers the problem of the action of forces of frost heave during the construction of railway lines and foundations of structures in conditions of the Siberian region. The calculation and comparative analysis of the values of depths of freezing with insulation coating without insulation coating in the program of the Freeze-1.

Conclusions and proposed recommendation for selection of the thickness of the insulating coating in the conditions of Siberian region.

Keywords: subgrade frost heave, thermal insulation coating, the depth of freezing.

Основной проблемой строительства новых железнодорожных линий и эксплуатации существующих железнодорожных путей, фундаментов сооружений промышленного и гражданского назначения в условиях Сибирского региона является действие сил морозного пучения грунтов.

Морозное пучение зависит от большого числа природных факторов, к которым можно отнести: минералогический и гранулометрический состав, физико-механические свойства, плотность и др. [1]. Для железнодорожного пути наиболее опасной зоной является зона интенсивного пучения грунта. Именно в этой зоне происходит интенсивный процесс фазового перехода поровой воды из жидкого состояния в лед [2].

Чтобы решить проблему развития морозного пучения, чаще всего пользуются традиционным подходом – устранение проблемы после ее появления.

Решение этой задачи невозможно без использования надежного метода оценки процессов промерзания и оттаивания грунтов земляного полотна железных дорог, учитывающего весь спектр климатических факторов и внешних условий в проблемных регионах.

Основная цель исследования – гарантировать расчетную толщину теплоизоляционного покрытия для надежной работы земляного полотна.

На первом этапе исследования была составлена таблица зафиксированных среднемесячных температур для 12 городов РФ за 10 лет.

Пример данной таблицы для города Новосибирска представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Значения среднемесячных температур за 10 лет

Новосибирск	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	$t_{ср.}^{\circ}C$
январь	-15,8	-26,8	-9,1	-21,9	-17,3	-27,1	-23,6	-20,7	-16,3	-15,9	<b>-19,5</b>
февраль	-20,5	-16,2	-13,3	-13,6	-21,3	-23,6	-15	-20,8	-15,3	-20,1	<b>-18,0</b>
март	-4,6	-5,8	-9,5	-3,2	-7,5	-8,4	-7,5	-4,9	-6,8	-3,7	<b>-6,2</b>
апрель	2,6	-1,5	6,9	2,9	4,4	2,2	6,8	6,4	3,4	5,1	<b>3,9</b>
май	11,9	10,3	11,9	12,5	12,3	9,1	11,5	11,3	8,6	9,9	<b>10,9</b>
июнь	18,3	20,5	15,1	17,5	13,8	17,2	20,1	21,8	14,6	17,2	<b>17,6</b>
июль	20,3	19,4	21,2	20,5	18,5	17,4	17,1	22,5	19,1	20	<b>19,6</b>
август	18	14,3	15,9	16,4	16,4	17,1	15,4	17,1	17,5	18,2	<b>16,6</b>
сентябрь	10,5	11,6	12,2	8,8	10,8	10,6	11,4	12,4	9,3	8,3	<b>10,6</b>
октябрь	5,1	2,6	2,7	4,6	2,8	4,9	6,3	2,9	2,9	0,7	<b>3,6</b>
ноябрь	-5,2	-4,8	-5,8	-1	-7,8	-2,9	-8	-7,2	-0,4	-9,3	<b>-5,2</b>
декабрь	-16,9	-6,3	-11	-14,3	-19	-20,6	-12,8	-25,1	-7	-11,5	<b>-14,5</b>
среднегодовая $t^{\circ}C$	2,0	1,4	3,1	2,4	0,5	-0,3	1,8	1,3	2,5	1,6	<b>1,6</b>
Σотр	<b>-63</b>	<b>-61,4</b>	<b>-48,7</b>	<b>-54</b>	<b>-72,9</b>	<b>-82,6</b>	<b>-66,9</b>	<b>-78,7</b>	<b>-45,8</b>	<b>-60,5</b>	<b>-63,5</b>

На основе этих данных была построена диаграмма отклонения суммы среднемесячных минимальных температур от средних значений (рис. 1).

Анализ диаграммы отклонения суммы среднемесячных отрицательных температур за 10 лет для 12 городов РФ показал, что разница их минимальных значений для каждого города отличается от средних, взятых по [3], на 20%-30%.

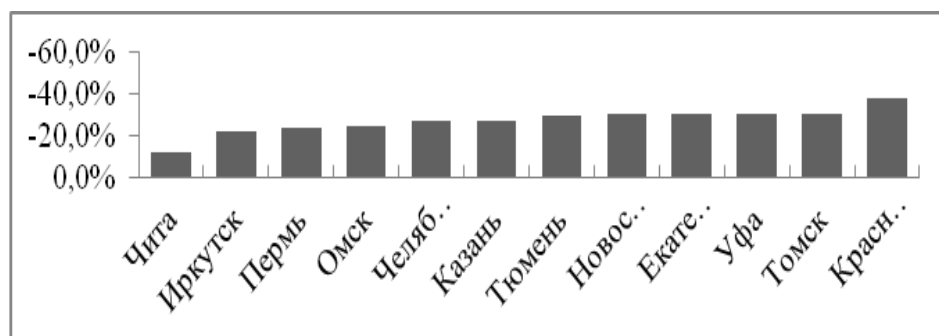


Рисунок 1 – Диаграмма отклонения суммы среднемесячных минимальных температур от средних значений

Для каждого города выполнялся расчет без учета теплоизоляционного покрытия и с использованием его при минимальной температуре за 10 лет и при среднем значении температуры приведенным в [3].

В качестве исходных данных задавался: однородный грунт основания – суглинок легкий, щебеночный балласт, дорога I категории. Расчет производился при условии отсутствия или глубокого залегания грунтовых вод. Температура задавалась с учетом радиационного баланса.

На втором этапе были выполнены теплотехнические расчеты в программе *Freeze-1*.

По программе *Freeze-1* производился расчет глубины промерзания грунтов  $H_f$  с предзимней влажностью. Глубина промерзания грунта под основной площадкой земляного полотна  $H_f$  принимается в программе *Freeze-1* равной глубине фазовых переходов  $H_{фаз}$  [4].

Величина морозного пучения  $h_{пуч}$  определяется по формуле

$$h_{пуч} = K_{пуч} \cdot H_f, \quad (1)$$

где  $K_{пуч}$  – коэффициент пучения;  $H_f$  – глубина промерзания грунта, м.

Если найденная величина  $h_{пуч}$  оказывается меньше нормативного значения, а для дороги I категории данная величина составляет 20 мм [5], то устройство теплоизолирующих покрытий не требуется, в ином случае выбирается оптимальный вариант толщины теплоизолирующего покрытия и производится перерасчет.

Примеры результатов расчета в программе *Freeze-1* для города Новосибирска приведены ниже (рис. 2-5).

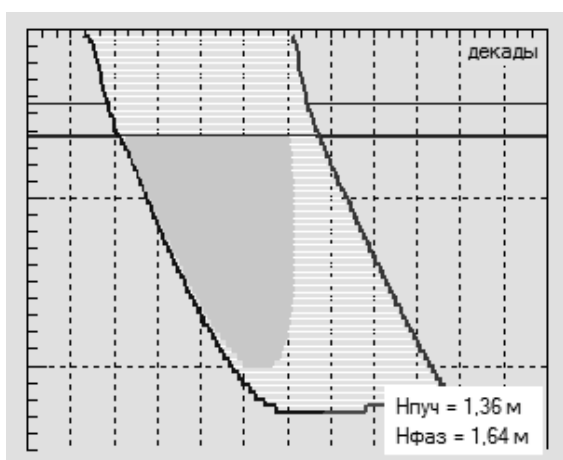


Рисунок 2 – График глубины промерзания грунта в годовом цикле без учета пенополистирола при минимальной температуре за 10 лет

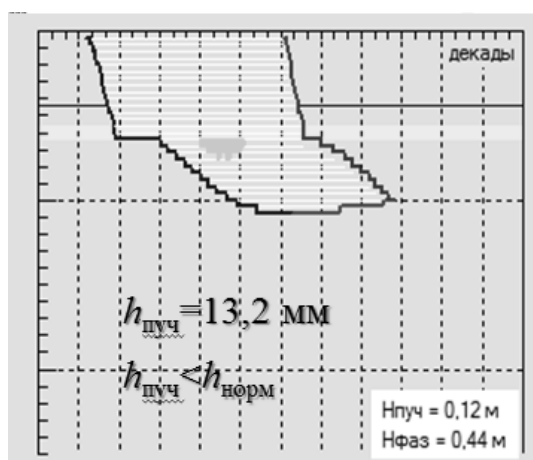


Рисунок 3 – График глубины промерзания грунта земляного полотна с применением пенополистирола толщиной 8 см

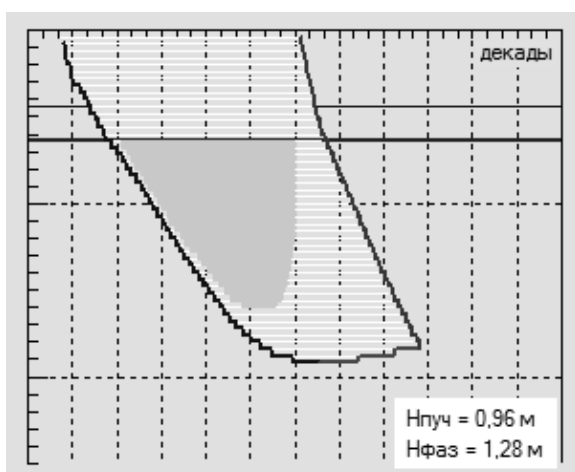


Рисунок 4 – График глубины промерзания грунта в годовом цикле без учета пенополистирола при средней температуре [1]

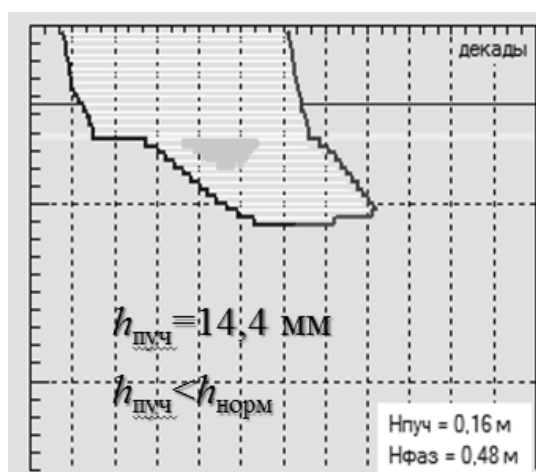


Рисунок 5 – График глубины промерзания грунта земляного полотна с применением пенополистирола толщиной 4 см

Результаты расчетов были сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчета

Город	$H_{\phi}^{СП}$ , м	$H_{\phi}^{min}$ , м	$H_{\phi}^{пен}(СП)$ , м	$H_{\phi}^{пен}(min)$ , м	$h_{СП}^{пен}$ , см	$h_{min}^{пен}$ , см
Новосибирск	1,28	1,64	0,48	0,44	4,00	8,00
Омск	1,24	1,52	0,48	0,32	4,00	8,00
Томск	1,40	1,80	0,60	0,52	4,00	8,00
Красноярск	1,16	1,64	0,44	0,40	4,00	8,00
Чита	1,80	1,96	0,48	0,56	4,00	8,00
Иркутск	1,28	1,48	0,52	0,32	4,00	8,00

Данные результаты позволили прийти к выводу, что при наступлении самого холодного года толщина пенополистирола, рассчитанная с учетом температуры указанной в [1], приведет к превышению нормативного значения величины морозного пучения. Поэтому при подборе толщины теплоизоляционного покрытия в условиях Сибирского региона необходимо производить расчет глубины промерзания при минимальном значении температуры, взятом за 10 лет.

#### Список литературы

1. СП 25.13330 – 2012. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88\*. М. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. 2011. 109 с.
2. Исаков А.Л. Критерий применимости противопучинных мероприятий на транспортных магистралях / «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железных дорог» : Труды X научно-технической конференции. М. 2013. С. 97-99.
3. СП 131.13330 – 2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23–01–99\*. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2013. 124.
4. Исаков А.Л. Численный анализ глубины промерзания земляного полотна с использованием программ Freeze-1 и Freeze-2 / А.Л. Исаков, Ким Хюн Чол // «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации земляного полотна и искусственных сооружений»: Труды IX научно-технической конференции. М. 2012. С. 159-161.
5. ЦПИ-24 Технические указания по устранению пучин и просадок железнодорожного пути. М.: Министерство путей сообщения РФ. 1998. 67 с.

УДК: 539.422.5

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА ПРИ ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Черкасов Евгений Николаевич** – оператор научной роты ВА МТО 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)  
Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВСРФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10А, denmarru@mail.ru

**Русин Артем Александрович** – оператор научной роты ВА МТО 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)  
Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВСРФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10А, denmarru@mail.ru



**Баранов Валентин Григорьевич** – кандидат военных наук, старший научный сотрудник 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)

Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВСРФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10А, denmarru@mail.ru

*Аннотация.* В работе рассматриваются вопросы актуальности применения базальтового волокна и композитов на его основе в дорожном строительстве. Показана эффективность и рациональность развития направления производства и применения базальтового волокна.

*Ключевые слова:* базальт, композитные материалы, дорожное строительство.

## THE USE OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON BASALT FIBER IN ROAD CONSTRUCTION

*Cherkasov Evgeniy N. – operator of NR MTO*

*Rusin Artem A. – operator of NR MTO*

*Baranov Valentin G. – Candidate of Military Sciences, senior researcher of the research department Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation  
Voskresenskaya emb., 10a, St.Petersburg, 191123, Russian Federation, denmarru@mail.ru*

*Abstract.* The paper discusses the relevance of application of basalt fibers and composites on its basis in road construction. The efficiency and rationality of the direction of the production and use of basalt fiber.

*Key words:* basalt, composite materials, road construction.

На протяжении многих лет строительство автомобильных дорог в Российской Федерации является одной из самых затратных областей в строительном производстве. Сроки проведения таких работ – продолжительны, однако, это не всегда обеспечивает необходимые качество и надежность дорожного полотна. Эти факторы вынуждают постоянно искать и применять новые виды строительных материалов и технологий.

В настоящее время всё более широкое применение находят композитные материалы, в число которых входит базальтовое волокно. Базальтовое волокно и, в частности, непрерывное базальтовое волокно, рассматривается многими российскими специалистами, как один из самых перспективных композитных материалов, обладающий уникальным сочетанием свойств и цены по сравнению с высокомодульными стеклами, обладающими аналогичным набором свойств.

Серьезные исследования в области промышленного производства непрерывного базальтового волокна начались в 1974 году в СССР, с образованием «Лаборатории базальтовых волокон». К 1985 году была разработана и построена первая промышленная установка для производства базальтового непрерывного волокна (БНВ). Промышленное производство базальтового волокна началось на заводе «Теплозвукоизоляция» под Киевом. В течение нескольких лет было построено еще несколько промышленных установок производительностью по 350 и 500 тонн БНВ в год. Однако лишь в начале 2000-х созданная годов материально-техническая база позволила массово производить базальтовое волокно высокого качества в необходимых объемах.

Базальтовое волокно представляет собой материал, получаемый из расплавов магматических горных пород таких как: диабаз, габбро, амфиболит и др. [1]. Выбор расплава базальта проводится исходя из требований, предъявляемых к конечному изделию. Следует также отметить экологичность базальтового волокна. Базальтовое волокно, применяемое в дорожном строительстве, можно разделить на две группы: непрерывное волокно и дискретные волокна. Непрерывное волокно используется как исходный материал для производства тканей различного назначения (геотекстиля, базальтовых дорожных сетей для укрепления

дорожного полотна, сетей для укрепления откосов и др.), а также как армирующий наполнитель при укладке асфальтобетона. Базальтовое дискретное волокно, в зависимости от диаметра волокон, используется для следующих целей [2]:

- супертонкое ( $d=1-3$  мкм) – базальтовая теплоизоляция, используется для изготовления прошивных звукоизоляционных и звукопоглощающих материалов, применяемых при строительстве шумозащитных экранов вокруг автомобильных и железных дорог;
- утолщенные волокна ( $d=13-25$  мкм) находят широкое применение в качестве фильтровальной основы дренажных систем.

В настоящее время на территории Российской Федерации действует несколько предприятий, производящих базальтовое волокно высокого качества. Однако, безусловным лидером является, расположенное в городе Дубна Московской области, ООО «Каменный Век». Сегодня компания «Каменный век» оборудована большими печами нестандартной конструкции, в каждой из которых по 10 питателей на 340, 418, 836 фильер. Оборудование для намотки и ровингования, крутки нити, рубки волокна поставлено в Дубну ведущими европейскими и американскими фирмами. Подготовка производства проведена с участием лучших лабораторий и специалистов ведущих компаний мира, выполнивших исследования по оптимизации процессов производства, тестированию технологического оборудования и контролю качества продукции. Сырье в виде уже дробленого и отсортированного по заданному размеру базальтового щебня компания получает из Украины. Сегодня «Каменный Век» выпускает базальтовое волокно толщиной 9–21 мкм, директ-ровинг – 85-800 текс, трощеный ровинг – 300-4800 текс. Успех своего предприятия руководители ООО «Каменный Век» объясняют тем, что оно родилось в научном центре и развивалось в инновационной среде [3]. Положительный опыт ООО «Каменный Век» позволяет предположить, что развитие базальтовой отрасли в Российской Федерации – перспективно, а не снижающийся спрос на базальтовое волокно и композиты на его основе позволит окупить инвестиции.

Одна из самых перспективных сфер применения базальтовых и базальто-композитных материалов – дорожное и мостовое строительство [4]. Для изготовления качественных и долговечных дорог предлагается использовать в дорожном и мостовом строительстве широкий ассортимент композитных изделий на основе базальтового волокна:

- базальтовый кубовидный щебень, базальтовый песок;
- базальтовый цемент;
- базальтовое монолитное литье: дорожные плиты, лотки, желоба, стоки;
- базальто-композитные, базальто-цементные трубы для ливневых систем, колодцев и проколов под дорогами;
- базальто-композитная арматура, сетка и профили;
- базальто-композитная геосетка для укрепления откосов и оползней;
- базальтовая фибра;
- базальто-композитные отбойники;
- базальто-композитные подпорные стенки и козырьки.

Для устройства ЛЭП и освещения:

- базальто-композитные опоры ЛЭП и освещения;
- базальто-композитные и базальто-цементные кабельные лотки;
- базальто-композитные и базальто-цементные трубы под электрические и телефонные кабели.

Для строительства мостов:

- базальто-композитная арматура, сетка, профили и мостовые конструкции.

По оценкам экспертов, использование дорожной сетки и фибры для укладки асфальтобетонных покрытий автомобильных магистралей, взлётно-посадочных полос и т.д. (рис. 1) позволит уменьшить на 30% толщину а/б покрытий, повысить прочность дорожного полотна, что особенно актуально для регионов Сибири и крайнего Севера. Устройство гидроизоляции дорожного покрытия с применением полотна из нетканого базальтового волокна мо-

жет сделать дорожное полотно более долговечным; при этом показатель потери в весе во много раз выше, чем при применении тканей из кремнезёма или стекловолокна [5].

Дорожные покрытия с применением базальтового волокна обладают высоким запасом прочности, не подвержены процессу гниения, коррозии и устойчивы к изменению температуры.



Рисунок 1 – Использование дорожной сетки при укладке асфальтобетонного покрытия

Важнейшим преимуществом базальтовых, базальто-композитных и базальто-цементных материалов и изделий является их стоимость. Прогнозируемая цена на 30–40% ниже металлических, железобетонных и других материалов и изделий, применяемых в дорожном строительстве, что позволит удешевить строительство дорог не менее чем на 20%, также сократить срок строительства, значительно снизить затраты на обслуживание дорог и повысить их срок службы.

#### Список литературы

1. Кербер М.Л. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология (4-е издание, исправленное и дополненное) / М: ЦОП Профессия. 2014. 183 с.
2. Васильев В.В., Протасов В.Д., Болотин В.В. Композиционные материалы: справочник / М: Машиностроение. 1990. 174 с.
3. ООО «Каменный Век». Технология производства // URL: <http://basfiber.com/page/84>, дата обращения: 15.09.2017.
4. Перепелкин К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты / 2009. 133 с.
5. Шевченко А.А. Физикохимия и механика композиционных материалов / М: ЦОП Профессия. 2010. 211 с.

УДК: 678.8

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ

*Ломов Валерий Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)*

*Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВСРФ 191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10, литер А, lomovvalera@mail.ru*

*Бухов Егор Игоревич – оператор научной роты ВА МТО 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)*

Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВСРФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10А, bukhov.ei@mail.ru  
**Степанов Андрей Александрович** – оператор научной роты ВА МТО 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)  
Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВСРФ  
630083, Россия, г. Новосибирск, ул. Обская, andrei\_9314@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы актуальности применения элементов верхнего строения пути из полимерно-композиционных материалов при восстановлении объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта. Произведен сравнительный анализ физико-механических характеристик конструктивных материалов. Приведены эксплуатационные характеристики шпал из полимерно-композиционных и традиционных материалов. Показана актуальность и рациональность развития направления изготовления элементов верхнего строения пути из альтернативных материалов.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, стеклопластиковая шпала, строительные материалы, верхнее строение пути.

## PERSPECTIVES OF USING POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS AT RESTORATION OF UPPER STRUCTURE OF THE WAY

*Lomov Valerii A. – PhD in Tech, docent, Senior Researcher, The system researches of logistics Institute of the Armed Forces of the Russian Federation, Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation*

*Voskresenskaya Emb., 10a, St.Petersburg, 191123, Russian Federation, lomovvalera@mail.ru*

*Buhov Egor Ig. – the system researches of logistics Institute of the Armed Forces of the Russian Federation, Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation*

*Voskresenskaya Emb., 10a, St.Petersburg, 191123, Russian Federation, bukhov.ei@mail.ru*

*Stepanov Andrey Al. – the system researches of logistics Institute of the Armed Forces of the Russian Federation, Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation*

*Voskresenskaya Emb., 10a, St.Petersburg, 191123, Russian Federation, andrei\_9314@mail.ru*

Abstract. In the article there are questions of actuality of using elements of permanent way of polymer-composite materials in reconstruction of objects infrastructure of railway transport. There is a comparing analysis of physical-mechanical parameters of structural materials. There are given operational characteristics of crosstie, that made from polymer-composite and traditional materials. There are showing a actuality and rationality of development of production direction elements of permanent way from alternative materials.

Keywords: polymer composite materials, fiberglass crosstie, construction materials, permanent way.

Научно-технический прогресс общества и непосредственно связанное с ним совершенствование всех видов техники в различных сферах вызывают необходимость обоснования, композиции и использования при строительстве и восстановлении различных объектов инфраструктуры новых материалов. В соответствии с требованием времени такие материалы должны обладать комплексом свойств, существенно превышающим традиционно используемые (сталь, алюминиевые сплавы, дерево, бетон и др.) по показателям прочности, жесткости, устойчивости. Трудоемкость монтажа и энергоемкость производства таких материалов и конструкций должна быть ниже. Кроме того для их создания желательно задействовать новые или ранее слабо используемые источники сырьевых ресурсов [1].

Наиболее перспективным направлением решения поставленной задачи на современном этапе является использование полимерных композиционных материалов (ПКМ), представляющих собой обширный класс искусственно созданных материалов, объемно сочетающих химически разнородные компоненты.

За последнее время при формировании ПКМ широкое распространение получили полимерные волокнистые композиционные материалы, прочностную основу которых составляют стеклянные, базальтовые, углеродные, керамические и другие волокна. Композиты по сравнению с традиционными материалами имеют существенное преимущество по удельным значениям прочности и жесткости (прочность и модуль упругости, отнесенные к плотности), демпфирующей способности и динамической выносливости [2]. Кроме того, они обладают высокой стабильностью размеров при нагревании и охлаждении, характеризуются радиационной и химической стойкостью, в отличие от традиционных материалов. Также ПКМ обладают анизотропностью свойств, что делает их подобными армированному бетону.

В таблице 1 представлены показатели основных свойств конструктивных материалов, наглядно демонстрирующие преимущества ПКМ.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики материалов

Материал	Плотность кг/м <sup>3</sup>	Разрушающие напряжения при растяжении МПа, не менее	Модуль упругости при растяжении ГПа	Удельная прочность	Удельная жесткость	Коэффициент теплопроводности Вт/(м К)	Термический коэффициент линейного расширения $\times 10^{-6} / \text{K}^{-1}$	Удельное объемное электрическое сопротивление Ом см
Металлы								
Сталь СТЗ	7800	400	200	5,1	2560	65	1.3	проводники
Алюминиевый сплав Д-16	2800	300	72	10.7	2580	150	2.2	
Титан	4500	350	115	17.8	2560	-	-	
Древесина								
Сосна	550	100	10	13.8	1540	0.35	0.6	-
Дуб	720	130	15	15.2	1750	0.5	1.0	-
Пластмассы								
Полиэтилен	960	20	0.5	2.1	52	0.3	10	$1 \times 10^{18}$
Винипласт	1400	60	3	4.3	210	0.1	6.5	$1 \times 10^{14}$
Пресс-порошок фенольный	1300	45	8	3.5	610	0.2	10	$1 \times 10^{11}$
ПКМ-Стеклопластики								
Стекло однонаправленный	2000	1600	56	80	2800	0,4	1	$5 \times 10^{15}$
Стеклотекстолит норм.	1900	500	30	26.2	1570	0.3	1.5	$1 \times 10^{13}$
Стекло хаотически направленный	1400	100	8	6.7	530	0.25	2.5	$1 \times 10^{11}$

По сравнению с другими конструкционными материалами композиционные имеют следующие преимущества: меньший вес; высокое отношение прочности к весу; отсутствие магнетизма; радиопрозрачность; направленность прочности; высокую диэлектрическую прочность; коррозионную стойкость; стойкость к погодным условиям; стабильность размеров; низкую теплопроводность; низкий коэффициент температурного расширения; высокую ударную прочность; сопротивляемость ударным воздействиям [3].

По оценкам специалистов применение конструкций из композитных материалов обеспечивает снижение трудоемкости монтажа в 1,5-3 раза, энергоемкости 2-4раза, материалоемкости 1,6-3,5 в увеличение ресурса и срока службы в 1,5-2,5 раза, исключение потерь от

коррозии. При этом в большинстве случаев улучшаются эстетические показатели конструкций, снижается уровень шума и вибраций, улучшаются условия труда, снижается трудоемкость обслуживания техники [4].

Эти свойства делают изделия из ПКМ вне конкуренции в условиях критичных для традиционных материалов (повышенная влажность, высокие температуры, агрессивные среды, ультрафиолетовое излучение, радиация), что особенно характерно для интенсивно эксплуатируемых железных дорог.

Характерной особенностью ПКМ и строительных конструкций из них является постоянное снижение их стоимости. При этом следует особо подчеркнуть, что с увеличением объема производства и усовершенствованием технологии производства ПКМ эта особенность проявляется все ярче. В то же время для традиционных строительных материалов наблюдается противоположная тенденция.

В высокоразвитых странах ПКМ находят все более широкое применение в различных областях. Ежегодный прирост применения полимерных композиционных материалов в мире составляет 8-10% [5]. ПКМ могут широко использоваться для производства элементов, различных объектов, в том числе для восстановления и постройки верхнего строения пути (ВСП).

Возведение объектов с использованием ПКМ позволяет:

- уменьшить затраты на их производство до 10%;
- уменьшить время и затраты на погрузочно-разгрузочные работы и транспортировку в 1,2-1,5 раза и более;
- уменьшить время и затраты на развертывание работ;
- практически исключить эксплуатационные расходы;
- повысить мобильность специальных подразделений при ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Это подтверждается результатами теоретических и экспериментальных исследований проведенных на базе 61 НИИИ ЖДВ.

Физико-химические свойства полимерных композиционных материалов показывают, что по своим качествам они более всего соответствуют требованиям, предъявляемым к заблаговременно подготавливаемым восстановительным элементам и деталям [4].

За последние годы в области строительства, реконструкции и ремонта железных дорог все более широкое распространение находят изготовленные из композитных материалов: шпалы, изолирующие прокладки, накладки, полимерные дюбеля. Также разработаны опытные образцы рельсов из ПКМ. Экспериментальные испытания этих образцов, разработанных в соответствии с техническим заданием 61 НИИИ ЖДВ, показали перспективность их применения, особенно в условиях временного (краткосрочного) восстановления рельсошпальной решетки.

Шпалы из стеклопластика не подвергаются коррозии, имеют высокую прочность, просты при проектировании и строительстве, имеют малое количество элементов скреплений. В этом случае железная дорога как бы сидит прямо на шпалах без резиновых прокладок. Шпала из стеклопластика является хорошим изолятором, эффективно гасит вибрации и уменьшает шум. Средний вес композитной шпалы составляет 90 кг со скреплением.

Изучение опыта работы железных дорог на композитных шпалах в других странах говорит об их высокой эффективности.

В нашей стране компания «АБВ» создала широкий спектр конструкций верхнего строения пути, в том числе, с использованием шпал из композиционных материалов. По оценкам службы пути метрополитена Москвы и Санкт-Петербурга участки пути с такими шпалами характеризуются высокими эксплуатационными качествами в течение длительного времени.

Сравнительные эксплуатационные характеристики шпал из различных материалов представлены в таблице 2. Анализ данных таблицы 2 показывает, что практически по всем позициям использование композитных шпал имеет значительное преимущество перед всеми другими возможными материалами за исключением цены. С развитием производства ком-

позитных материалов стоимость их снижается и в ближайшем будущем этот недостаток будет устранен.

Таблица 2 – Характеристики шпал из различных материалов

№ п/п	Основные свойства	Тип шпалы			
		деревянная	бетонная	стальная (канальная)	стекло-пластиковая
1.	Установка	хорошая	трудоемкая	очень хорошая	очень хорошая
2.	Долговечность	ограниченная	хорошая	средняя	очень хорошая
3.	Вибрационное демпфирование	очень хорошее	среднее	очень плохое	очень хорошая
4.	Генерация шума	низкая	средняя	очень высокая	низкая
5.	Влияние влажности и высушивания	высокое	не влияет	вызывает коррозию	не влияет
6.	Электрическая изоляция	хорошая	средняя	плохая	хорошая
7.	Вес, кг	90	265	225	90
8.	Цена/шпала, относительно единицы	1	2,0	2,5	4,0

Применение композитных шпал наиболее эффективно там, где проявляются недостатки деревянных, например, на грузонапряженных линиях со значительными продольными уклонами и большим числом кривых малого радиуса, на усовершенствованных стрелочных переводах. По нашему мнению особенно эффективно применение стеклопластиковых шпал на участках восстановления верхнего строения пути с незначительными объемами работ и главным образом в районах с дефицитом лесных материалов. Помимо этого целесообразно оснастить композитными шпалами мобильные восстановительные комплексы на комбинированном ходу, для устранения рассредоточенных разрушений малого объема.

Стабильность и устойчивость функционирования восстановленных участков железных дорог во многом определяется исправной работой водоотводных сооружений, основу которых составляет система на базе водоотводных лотков.

Традиционным материалом изготовления лотков является железобетон. Недостатком железобетонных лотков является большой вес, требующий для монтажа и демонтажа кранового оборудования, а также значительного количества технологических «окон» для проведения работ.

Исходя из вышесказанного, думается, что технически возможно и экономически целесообразно использовать водоотводные лотки, изготовленные с применением современных композиционных материалов и, в частности, стеклопластиков. К достоинствам таких лотков относится малый вес (секция размером в несколько метров может монтироваться вручную), меньшие габаритные размеры, хорошая гидравлическая шероховатость и долговечность материала. Такие лотки обеспечивают при меньших размерах значительно больший пропуск объемов воды и не допускают заиливания лотков.

В соответствии с нормативными источниками для установки на сети железных дорог могут быть рекомендованы лотки глубиной 0,5 м, 0,75 м, 1,0 м. Длина секций лотков принимается из условия их монтажа вручную. При этом масса лотка глубиной 1,0 м, шириной 0,72 м и длиной 4 м составляет 96 кг, что в 10 раз меньше веса бетонного аналога. [7]

Проанализировав прочностные и эксплуатационные характеристики полимерных композиционных материалов можно сделать вывод о их целесообразности применения при восстановлении эксплуатируемых участков пути. На сегодняшний день изделия из ПКМ приобретают все большую востребованность в мире и на железнодорожном транспорте в частности.

### Список литературы

1. Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ашмян В.Г. Полимерные композиционные материалы: прочность и технология / М.: ИД «Интеллект». 2010. 347с.
2. Победря Б.Е. Механика композиционных материалов Издательство Московского Университета. Москва. 1984.
3. Машков Ю.К. Конструкционные пластмассы и полимерные композиционные материалы. Учебное пособие. Издательство ОмГТУ. Омск. 2003.
4. Кристенсен Р. Введение в механику композитов. Издательство. Мир. Москва. 1982.
5. Воробьев В.А Андрианов Р.А. Технология полимеров. Издательство «Химия». Москва. 1990.
6. Верезуб Н.В. Научные основы высокоэффективных процессов механической обработки полимерных композитов. Издательство: «На правах рукописи». 1996.
7. СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения».

УДК 625.151

## РАЗРАБОТКА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБОГРЕВА СТРЕЛОЧНОГО ПЕРЕВОДА НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

**Герцик Дмитрий Викторович** – инженер, главный механик

Октябрьская железная дорога (Зеленогорская дистанция пути), Санкт-Петербург,  
agentnomer117@mail.ru

**Семенов Александр Георгиевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры ин-  
жиниринга силовых установок и транспортных средств

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29,  
agentnomer117@mail.ru

*Аннотация.* Предложен один из возможных путей переоснащения путевого хозяйства, в части устройств обогрева ответственных участков, с экспериментальной проверкой на образце устройства жидкостного обогрева группы стрелочных переводов на Зеленогорской дистанции пути Октябрьской железной дороги, С.-Петербург. Техническое решение назревшей проблемы является альтернативным существующим системам с электрическим обогревом и защищено патентом РФ.

*Ключевые слова:* железнодорожный транспорт, железная дорога, стрелочный перевод, обледенение, заснеженность, обогрев, гидросистема, электрическая схема.

## DEVELOPMENT OF THE HYDRAULIC SYSTEM OF THE HEATING THE ARROWSHAPED TRANSLATION ON RAILWAY

*Gerzik Dmitriy V.* – engineer, main mechanical engineer, October railway (Zelenogorskaya distance of the way), St.Petersburg

*Semenov Alexander G.* – PhD in Ntchnical Sciences, Associate Professor and Leading Researcher, Department of Engineering of Engines and Transport Vehicles Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

Politekhnikeskaya str., 29, St.Petersburg, 195251, Russian Federation,  
agentnomer117@mail.ru

*Abstract.* It Is Offered one of the possible ways to modernization travel facilities in a part device heating responsible area, with experimental checking for sample device liquid heating the group arrowshaped translation on Zelenogorskoy distances of the way of the October railway,



*Saint Petersburg. The Technical decision of the urgent problem is alternative existing system with electric heating and is protected by patent to Russia.*

*Keywords: the rail-freight traffic, railway, arrow shaped translation, icing, snow bank, heating, hydraulic system, circuitry.*

#### Проблематика и постановка задачи

Излагаемый материал относится к устройствам локального обогрева стрелочных переводов или иных устройств, элементов железнодорожных (ж/д) путей с целью удаления льда и снега. Разработка рекомендуется к внедрению, прежде всего, в путевых хозяйствах, удаленных как от ЛЭП, так и от ТЭЦ.

В зимнее время для предотвращения отказов срабатывания стрелок и других механических устройств с дистанционным и/или автоматическим управлением из-за напессовывания снега и/или обледенения широко применяют устройства их локального обогрева. Многообразие технических средств борьбы со снегом и льдом можно классифицировать по их разновидностям (видам и подвидам – типам): механические, пневматические, тепловые и комбинированные. В числе тепловых (теплообменных) устройств нашли применение гидравлические, паровые/газовые, электрические и смешанного типа. Сегодня применяют и предлагают в основном электрические. Примером могут служить ТЭНы, которые смонтированы вдоль рамного рельса в контакте с поверхностью его подошвы и вдоль остряка [1,2].

К недостаткам электрических устройств отнесем низкую теплопередачу теплопроводностью в общем балансе теплообмена поверхности нагревателей со средой, что обуславливает недостаточно высокую их энергетическую экономичность, а также их недостаточную надежность и безопасность в работе на легкодоступных для посторонних лиц участках как устройства под напряжением в электропроводной водосодержащей среде.

Наиболее близким к предлагаемому техническому решению является устройство локального обогрева ж/д путей, содержащее контур с трубопроводом для текучего теплоносителя, устройство подачи теплоносителя под давлением в зону обогрева, устройство обеспечения теплопередачи контактной теплопроводностью металлическим частям пути от активной части внешней поверхности трубопровода, с фиксирующими накладками и болтовыми соединениями, устройство теплоизоляции пассивной поверхности трубопровода, и источник нагрева теплоносителя до заданной температуры [3].

По принятой классификации оно относится к активным СОТР теплообменников с гидравлическим контуром.

В описании к патенту-прототипу подача теплоносителя под давлением в зону обогрева путей осуществляется за счет давления водяного пара со стороны некоего обобщенного удаленного на значительное расстояние теплоэнергетического источника.

Однако, во-первых, удаленность теплоэнергетического источника (вплоть до десятков километров, если это теплоцентр типа ТЭЦ) однозначно сопряжена с проблемами организации теплотрасс, неоправданной зависимостью множества участков ж/д пути от единого источника, а также колоссальными потерями на теплотрассе, что существенно снижает КПД. Это подчеркивается и в самом тексте описания: «... устройство наиболее применимо только при близком наличии мощных тепловых установок».

Во-вторых, в нем трубы встроены в полые продольные лежни, устанавливаемые в зонах обогрева под рельсы, что является капитальным вмешательством в фундаментальную часть конструкции ж/д путей и весьма затратно как при создании, так и при ремонтных работах.

В-третьих, поджатие труб накладками с болтовым соединением посредством промежуточных деталей, уходящих в грунт, не позволяет визуально контролировать наличие и состояние теплового контакта, напрямую определяющего тепловую эффективность) устройства.

Очевидна назревшая задача инновации: повышение технико-эксплуатационных и экономических характеристик устройства локального обогрева железнодорожных путей за

счёт преимуществ автономности (независимости от удаленных централизованных теплоэнергетических установок типа ТЭЦ и теплокоммуникаций), а также снижения энергозатрат.

### Технические предложения

Предлагаемое к внедрению гидравлическое устройство обогрева путей **1** содержит (рис. 1-4 и фото рис. 5): контур **2** с трубопроводом **3** для текучего теплоносителя, устройство **4** подачи теплоносителя под давлением в зону **5** обогрева путей 1 или группу зон **5, 6** и т.д.; устройство **7** обеспечения теплопередачи контактной теплопроводностью металлическим частям пути от части активной, т.е. находящейся в зоне **5 (6)**, внешней поверхности трубопровода **3**; теплоизоляции **8** – пассивной, т.е. находящейся вне зоны **5 (6)**; теплоэнергетический источник **9** нагрева теплоносителя до заданной температуры, расположенный на путевой территории **10** (как правило, не далее 6-10 метров от зоны обогрева пути 1). Устройство **7** включает фиксирующие накладки **11, 12** с болтами **13, 14** (рис. 4, 5).

Контур **2** дополнительно содержит гидробак **15** (рис. 2) и выполнен замкнутым на него (рис. 3). Устройство **4** выполнено в виде электроприводного (напряжение питания 12В или 220В) гидронасоса (номер 4 поз. сохраняется) постоянного действия. Вход насоса соединен с гидробаком **15**, а выход – со входом в участок трубопровода **3** с вмонтированным в него термоэлектрическим нагревателем – ТЭНом **16** в качестве теплоэнергетического источника нагрева теплоносителя (рис. 2, 3). Электропотребляющее оборудование (насос **4**, ТЭН **16** и др.) разъемно через вспомогательное электрооборудование, в т.ч. розетки с вилками – **17, 18** (рис. 2), по меньшей мере, к одной фазе (220 В, 50 Гц) контролируемой трехфазной сети переменного тока промышленной частоты (380 В, 50 Гц). Имеются устройства управления (**19**), контроля (**20**) и защиты (**21**) аппаратуры от вредных факторов окружающей среды и несанкционированного доступа (рис. 2), часть которых отнесем к вспомогательному оборудованию.

Ряд дополнительных признаков устройства (патент на изобретение [4]), обеспечивающих больший положительный эффект. В частности:

- в качестве теплоносителя, по самому доступному и «дешевому» варианту, может использоваться вода ( $H_2O$ ), а предельная температура ее нагрева ТЭНом **16** должна составлять при этом  $80 \pm 10$  °С;

- устройство **8** может включать в себя теплоизолирующее «лакокрасочное» покрытие **23** металлических участков или теплоизолирующие кожухи **24** (рис. 4), экраны. Подобные технические мероприятия на железной дороге до сих пор не применялись.

Комплект оборудования в составе гидробака **15**, насоса **4**, ТЭНа **16** с его электроизоляцией **22**, аппаратуры **19-21** (управления, контроля и защиты по току и температуре) может быть встроен в шкаф **28** управления (рис. 1, 2). Рабочий (активный) участок трубопровода **3** проложен вдоль и частично – поперек металлических частей путей, подлежащих обогреву. В стрелках **5, 6** – вдоль рельсов **29** и остряка **30**.

Функционирование устройства понятно специалистам и подробно описано в источниках [4,5].

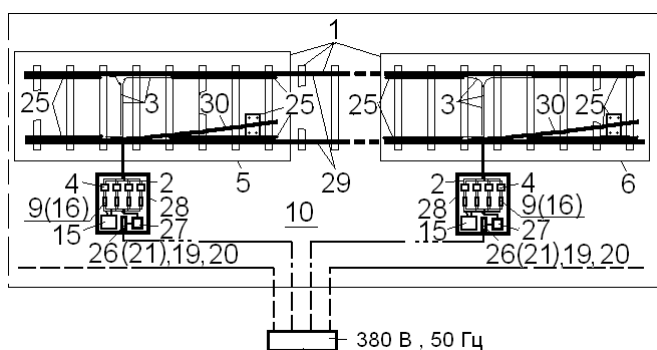


Рисунок 1 – Два участка ж/д пути с устройствами обогрева стрелок, с «разводкой» контуров по фрагментам пути

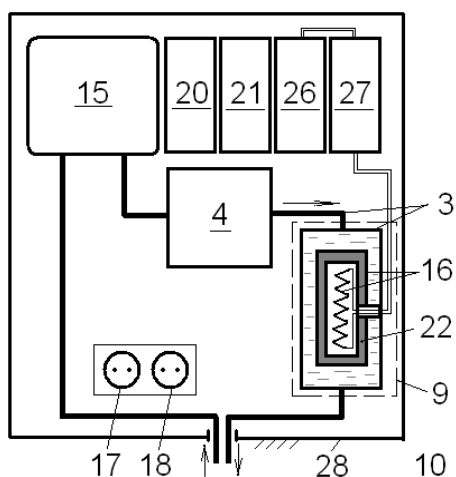


Рисунок 2 – Блочная компоновка оборудования в шкафу управления

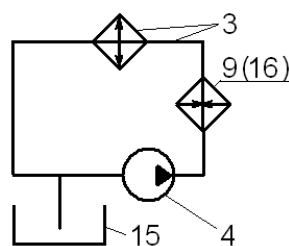


Рисунок 3 – Гидравлическая схема контура

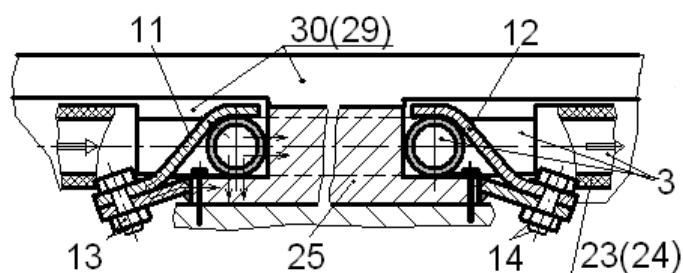


Рисунок 4 – Установка рабочего участка трубопровода теплообменной части устройства, продольное вертикальное сечение

Эффективность разработки. Техническое предложение позволяет повысить технико-экономические и эксплуатационные характеристики устройства локального электрообогрева ж/д путей за счёт преимуществ автономности и снижения энергозатрат. Промышленная применимость и технико-экономический эффект использования убедительно подтверждены авторами путем изготовления и испытания в натуральных условиях экспериментального образца заявляемого устройства. Экспериментальная проверка работоспособности и эффективности устройства на участке Зеленогорской дистанции пути ОЖД подтвердила изложенное. Устройство запатентовано в РФ [4].

#### Список литературы

1. Пат. 0056908 (РФ). Устройство локального электрообогрева железнодорожных путей / Д.В. Герцик, В.В. Разманов. МПК E01H8/08; опубл. 10.04.2006, Бюл. № 27.
2. Герцик Д.В., Семенов А.Г. Об актуальности модернизации путевого хозяйства на железной дороге // Изобретатели в инновационном процессе России: материалы науч.-практич. конф. с международным участием. 20-21 дек. 2013 г. СПб.: СПбГПУ, Изд-во Политехн. ун-та. 2014. С. 153-156.
3. А.с. 0021200 (СССР). Устройство железнодорожного пути. МПК E01B2/00; E01B19/00; опубл. 31.07.1931.
4. Пат. 2547666 (РФ). Устройство локального обогрева железнодорожных путей / Д.В. Герцик, В.В. Разманов. МПК E01B7/24, E01B19/00, E01H8/08; приоритет 09.12.2013, № 2013154638/11; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10.
5. Герцик Д.В., Семенов А.Г. Инновации на железных дорогах: Альтернатива электрообогреву стрелочных переводов: материалы Международной науч.-технич. конф. «Транспортные и транспортно-технологические системы», 14 апреля 2016 г., Тюмень, ТюмГНГУ. 2016. 329 с. С. 84-88.

## ПРИЧИНЫ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ ГРУЗОВОЙ И КОММЕРЧЕСКОЙ РАБОТЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*Гончарова Наталья Александровна – ассистент кафедры логистики и коммерческой работы*

*Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I*

*190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 5, nataliegoncharova@list.ru*

*Аннотация. Методики учета неравномерности, используемые в нормативных документах по расчету потребной пропускной способности, составлению графика движения и плана формирования поездов, а также при организации оперативной работы, основываются на исследованиях фактора неравномерности образования грузопотоков, выполненных в период, когда железнодорожный транспорт работал в условиях плановой экономики. В настоящее время в связи с переходом к рыночной экономике изменились причины неравномерности образования грузопотоков. Выявление этих причин и изучение характера их воздействия на перевозочный процесс в современных условиях позволят скорректировать существующие методики учета неравномерности и проводить эффективные мероприятия по сглаживанию неравномерности.*

*Ключевые слова: неравномерность, грузовая и коммерческая работа, перевозочный процесс, места необщего пользования, образование грузопотоков, ритмичность, человеческий фактор, качество перевозочного процесса.*

## THE REASONS OF UNEVENNESS IN FREIGHT AND COMMERCIAL WORK IN MODERN CONDITIONS

*Goncharova Natalia A. – assistant of Logistics and commercial operations department Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

*Moskovskiy prospekt, 9, St.Petersburg, 190031, Russian Federation, nataliegoncharova@list.ru*

*Abstract. Unevenness estimating methods used in regulatory documents for the calculation of required capacity, scheduling of traffic and the plan for the formation of trains, in the organization of operational work are based on researches of the unevenness factor in the generation of cargo flows carried out during the period when the railway transport operated in a planned economy. At present, due to the transition to a market economy, the reasons of the unevenness in the generation of cargo flows have changed. The identification of these causes and the investigation of their impact on the transport process in modern conditions will make it possible to correct methods of estimating for unevenness and to carry out effective measures to smooth out unevenness.*

*Keywords: unevenness, freight and commercial work, transport process, non-public railway track, generation of cargo flows, rhythmicity, human factor, quality of transport process.*

Общей причиной неравномерности процессов грузовой и коммерческой работы является разная скорость продвижения материальных потоков. Все причины этого можно разделить на две укрупненные группы: внешние и возникающие внутри транспортного производства.

Привнесенная неравномерность оказывает существенное влияние на показатели работы смежных дорог. В отдельных случаях, когда дорога имеет большой удельный вес погрузки на выход, колебания процессов, возникшие на дороге, получают большой резонанс в сети.

В наибольшей степени изменились причины неравномерности процессов грузовой и коммерческой работы на местах необщего пользования. Там зарождается и погашается более 80 % грузопотока, перевозимого магистральным транспортом, поэтому неравномерность образования грузопотоков, возникающая там, является одним из наиболее значимых негативных факторов, влияющих на качество перевозочного процесса, соблюдение сроков доставки и пр.

На первый план в современных условиях выходят причины организационно-технологического характера:

- наличие перерывов в производстве продукции в выходные и праздничные дни;
- задержки предоставления порожних вагонов под погрузку;
- задержки отправления грузов, вызываемые невозможностью приема грузов на станциях назначения по различным причинам, в т.ч. для передачи грузов на другие виды транспорта, за границу и т.п.;
- изменение технологии производства, хранения, сбыта и потребления конкретной продукции, например, в случае создания/ликвидации складов накопления продукции;
- невозможность отправления одинакового по всем дням (года, месяца, недели) количества вагонов в один и тот же адрес, что вызывает соответствующие колебания отправления грузов по суткам и назначениям;
- конвенционные запрещения погрузки из-за затруднений в работе отдельных полигонов сети железных дорог;
- сгущение погрузки по заявкам грузополучателя или для выполнения договора поставки за определенный период.

Также значимым дестабилизирующим фактором, влияющим на ритмичность работы всех звеньев транспортно-логистической цепи, является наличие отказов в работе технических средств, обеспечивающих перевозочный процесс. Классификация отказов представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Качественная классификация отказов систем управления [1]

Неравномерности в работе железнодорожного транспорта способствует и существующий порядок предоставления «окон» для выполнения ремонтных работ. На сегодняшний день согласование заявок на перевозку формы ГУ-12 с учетом инфраструктурных ограничений не представляется возможным по причине отсутствия информации об «окнах» в системе «ЭТРАН». Согласно Уставу срок действия заявки на перевозку формы ГУ-12 составляет 45 суток, а ограничения в железнодорожной инфраструктуре могут появиться за 7 дней до начала работ.

Растет влияние человеческого фактора на ритмичность процессов грузовой и коммерческой работы. Подробное исследование влияния данного фактора на перевозочный процесс проведено В.И. Бодюлом [2]. В обеспечении ритмичности начально-конечных операций ключевую роль играет качество выполнения своих обязанностей работниками массовых профессий, особенно приемосдатчиками груза и багажа. От качества работы приемосдатчиков зависит выполнение плана перевозок, своевременное и четкое выполнение целого ряда грузовых и коммерческих операций, обеспечение сохранности перевозимых грузов, выполнение норм простоя вагонов под грузовыми операциями, рациональное использование грузоподъемности и вместимости вагонов. На приемосдатчиков возложено выполнение основных грузовых и коммерческих операций: прием, взвешивание, погрузка, выгрузка, сортировка, перегрузка, хранение и выдача перевозимых по железной дороге грузов, сдача и прием в коммерческом отношении груженых и порожних вагонов и универсальных контейнеров, подаваемых под погрузку или выгрузку средствами отправителя/получателя, оформление документов и ведение установленной отчетности по этим операциям [3].

В настоящее время доля бумажного документооборота остается высокой, оформление документов занимает большую часть рабочего времени приемосдатчиков, что негативно сказывается на качестве их работы и, как следствие, снижает ритмичность процессов ГKR.

Влияние человеческого фактора на качество и сроки выполнения работ весьма существенно, допущенные ошибки приводит к значительной задержке вагонов под погрузкой, а в отдельных случаях – к фактам несохранной перевозки [4].

Повышение неравномерности перевозочного процесса в последние годы имеет также экономические причины:

- изменение объемов производства вследствие колебаний спроса на продукцию на традиционных рынках сбыта;
- изменение рынков сбыта продукции;
- сезонность производства ряда перевозимых грузов;
- изменение по разным причинам доли железнодорожного транспорта в общем объеме перевозок тех или иных грузов всеми видами транспорта;
- возникновение различных обстоятельств на предприятиях, производящих товары, вызывающие колебания объемов выпуска продукции;
- изменение экономических связей в звене «поставщик-потребитель» (по готовой продукции, по поставке сырья, комплектующих и т.п.).

Для нашей страны (с учетом географического положения) крайне значимы и климатические причины возникновения неравномерности:

- изменение продолжительности навигационного периода в конкретные годы при перевозках грузов различными видами транспорта;
- временные затруднения в отправлении грузов, вызываемые климатическими условиями (в т.ч. затруднения в пунктах назначения грузов);
- смерзание ряда грузов.

Подробный анализ воздействия на перевозочный процесс вновь появившихся причин неравномерности, а также исследование изменений характера действовавших ранее причин позволит разработать современные методики повышения ритмичности работы транспортно-го комплекса.

### Список литературы

1. Ефанов Д.В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Монография. СПб: ФГБОУ ВО ПГУПС. 2016. 171 с.
2. Бодюл В.И. Повышение ритмичности и эффективности транспортного производства на основе снижения внутрисуточной неравномерности грузовых перевозок на железных дорогах / Диссертация... д-ра техн. наук : 05.22.08. Москва. 2006. 318 с.
3. Распоряжение ОАО "РЖД" от 15.02.2005 N 198р "Об утверждении Типовой должностной инструкции приемосдатчика груза и багажа ОАО "РЖД".
4. Защитить от человеческого фактора// Гудок, выпуск № 67 (25736) от 21.04.2015.

УДК 656.21

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ НА СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

*Соляник Владимир Владимирович – аспирант кафедры управления эксплуатационной работой, техник кафедры управления эксплуатационной работой*

*Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I*

*1190031, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9, mister.solianik@yandex.ru*

*Аннотация.* Были проанализированы основные положения теории массового обслуживания применительно к описанию процесса переработки вагонов на сортировочной станции. Приведен сравнительный анализ расчленённого времени простоя транзитного вагона с переработкой, полученного с использованием средств теории массового обслуживания и фактически выполненного на станции. Построен график зависимости времени нахождения транзитного вагона на станции от объема их переработки.

*Ключевые слова:* теория массового обслуживания, вагонопоток, эксплуатационные затраты, сортировочная станция, время нахождения вагона на станции, переработка, ожидания при выполнении операций, накопление.

## ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE THEORY OF MASS SERVICE WHILE OPTIMIZING PROCESSES AT THE SORTING STATION

*Solyanik Vladimir Vladimirovich – graduate student, the technician of the Department of UER, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

*Moskovskiy prospekt, 5, St.Petersburg, 190031, Russian Federation, mister.solianik@yandex.ru*

*Abstract:* The main provisions of queuing theory were analyzed with reference to the description of the process of processing wagons at a sorting station. A comparative analysis of the dismembered idle time of a transit car with processing, obtained using the theory of mass service and actually performed at the station, is given. The graph of the dependence of the time of the transit wagon on the station on the volume of their processing is constructed.

*Keywords:* queuing theory, wagon flow, operating costs, marshalling yard, time of finding a wagon at a station, processing, waiting while performing operations, accumulation

В соответствии с положением о железнодорожной станции [1], основной ее целью является «обеспечение перевозок грузов, пассажиров, багажа, грузобагажа, направленное на выполнение корпоративных задач, связанных с повышением эффективности перевозок».

Эффективность перевозок обеспечивается благодаря максимизации результата, а именно, удовлетворения потребностей клиента при минимизации затрат. В качестве этих потребностей могут выступать срок доставки, который во многом зависит от плана формирования поездов. Вагон от грузоотправителя до грузополучателя может проходить несколько сортировочных станций. От того насколько своевременно будут проводиться технологические операции на станциях, зависит выполнение сроков доставки грузов и качество перевозочного процесса. Обеспечить это качество можно за счет улучшения использования технических и технологических средств станций.

Одним из важнейших качественных показателей работы сортировочной станции является среднее время простоя транзитного вагона с переработкой. Вагон под операциями на сортировочной станции пребывает значительную долю времени от оборота, и это, в свою очередь, влияет на эксплуатационные затраты. Для того, чтобы снизить время пребывания транзитного вагона на станции, необходимо, прежде всего, научное обоснование количества этого времени, что позволит более эффективно использовать технические и технологические ресурсы станции.

Задачу по обоснованию времени пребывания вагона на станции можно решить с помощью теории массового обслуживания [2,3]. На практике задача решается путем оперативного планирования работы ДСЦ.

Среднее время нахождения вагона на станции находится в прямой зависимости от размеров перерабатываемого вагонопотока. Вагонопоток на станции колеблется в зависимости от сменной, суточной и других видов неравномерностей подхода поездов к станции. Что касается суток, то увязка объема выполняемой работы и времени нахождения вагона на сортировочной станции весьма проблематична из-за среднесуточного простоя с остатком вагонов, переходящих на следующие сутки.

На рис. 1 приведен график изменения времени простоя транзитного вагона с переработкой в зависимости от объема переработанного вагонопотока. При этом стоит отметить, что на простой вагона влияет также и техническое оснащение станции. Так на рис. 1 можно увидеть, что минимальный простой транзитного вагона с переработкой обеспечивается при объемах переработки 2400 вагонов в сутки.

Первая кривая зависит от интервала подхода поездов, перерабатывающей способности горки и количества маневровых локомотивов. Вторая кривая зависит от эксплуатационных возможностей технических средств станции. Когда элементы станции неравномерно заполнены, возникают ожидания технических операций.

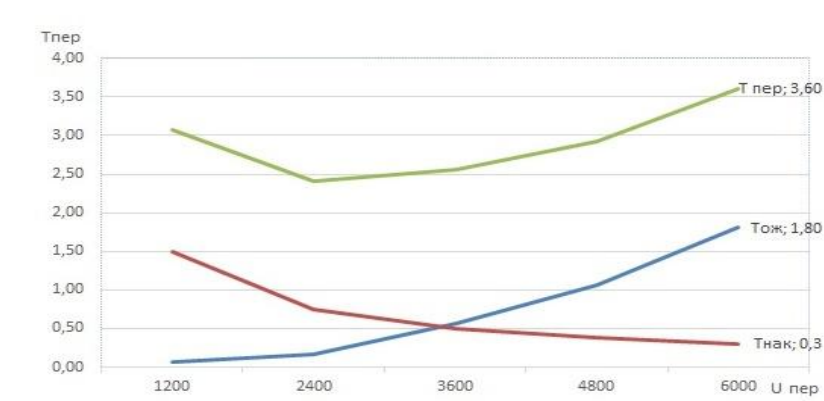


Рисунок 1 – Время пребывания вагона с переработкой на станции

При увеличении потока кривая  $t_{нак}$  снижается, так как время, необходимое на накопление, уменьшается из-за высокого темпа. В свою очередь, кривая  $t_{ож}$  резко увеличивается, так как идет наложение загрузок по техническим средствам и времени технологических операций.



Основным показателем работы станции является время нахождения вагона на станции. Уменьшение этого времени ведет к сокращению оборота вагона и, следовательно, к более эффективному использованию ресурсов.

Среднее время *нахождения* транзитного вагона на станции с переработкой.

$$t_{пер} = t_{np} + t_{op} + t_p + t_{нак} + t_{оф} + t_{ф} + t_{om} + t_{oo}, \quad (1)$$

где  $t_{np}, t_p, t_{ф}, t_{om}$  – время нахождения вагона под операциями: прибытие, расформирование, формирование, отправление,  $t_{op}, t_{оф}, t_{oo}$  – время ожидания соответствующий операций из за занятости технических средств,  $t_{нак}$  – время нахождения вагона под накоплением.

В итоге получаем 3 аргумент,  $t_{нак}$  а  $t_{техн}$  является суммой  $t_{np}, t_p, t_{ф}, t_{om}$ , а  $t_{отехн}$  суммой  $t_{op}, t_{оф}, t_{oo}$ . В итоге получаем  $t_{пер}$  является функцией, состоящей из 3 аргументов

$$t_{пер} = f(t_{техн}, t_{ож}, t_{нак}). \quad (2)$$

$t_{нак}$  находится как

$$t_{нак} = \frac{\sum U t_{нак}}{U_{пер}}, \quad (3)$$

$U_{пер}$  – вагонопоток, следующий в переработку.

В результате можно получить четыре зависимости:  $t_{техн} = f(U_{пер})$ ,  $t_{ож} = f(U_{пер})$ ,  $t_{нак} = f(U_{пер})$ .

Стоит отметить, что расчет времени нахождения вагона на станции можно осуществить с помощью формул из теории массового обслуживания.

Формула нахождения времени нахождения вагона на станции представлена ниже [3].

$$T_{пер} = \sum_4^{i=1} v_i + \sum_3^{i=1} \varpi + \frac{\kappa_n \cdot C \cdot m_{om}}{N_n} + t_{ож}^{omnp}, \quad (4)$$

где  $v_i$  – норма времени выполнения операций с поездами (операции по обработке в парке прибытия, расформированию, формированию и обработке в парке отправления);  $\varpi$  – ожидания по выполнению операций (ожидание по обработке в парке прибытия, ожидание по расформированию, ожидание по формированию);  $\kappa_n$  – число назначений плана формирования;  $C$  – параметр накопления;  $m_{om}$  – число вагонов в составе;  $N_n$  – вагонопоток;  $t_{ож}^{omnp}$  – время ожидания по отправлению.

$$v_1 = 1,02 \text{ ч.}, \quad v_2 = 0,78 \text{ ч.}, \quad v_3 = 0,5 \text{ ч.}, \quad v_4 = 1,46 \text{ ч.}$$

Данные взяты из технологического процесса станции Санкт-Петербург Сортировочный Московский.

Анализируя график зависимости времени нахождения вагона на станции от объема переработки, можно отметить, что график раскладывается на 2 кривые. Первая кривая описывает зависимость времени переработки вагона в зависимости от накопления вагонов в сортировочном парке. Вторая кривая описывает зависимость времени переработки вагона в зависимости от времени ожидания производства технологических операций. В точке  $U_{пер}$  мы видим падение времени, затраченного на переработку вагона, так как при малом количестве вагонопотока накопление не будет формироваться оптимально. В точке  $U_{пер}(опт)$  мы видим оптимальное время, затрачиваемое на переработку вагонопотока, т.е. минимальное время нахождения вагона на станции при имеющимся техническом оснащении и технологии. В точке

$U_{пер}''$ , которая находится правее от  $U_{пер}(опт)$  мы видим резкое увеличение времени на переработку вагона, которая получается за счет того, что станция начинает не справляться с нарастающим вагонопотоком, и увеличивается время ожидания вагона для операций, проводимых с ним. При увеличении поступления вагонов на станцию время на переработку будет расти пропорционально количеству вагонов, и вскоре станция остановит работу и не сможет перерабатывать вагоны. При развитии станционных и технологических средств график сдвигается вправо, тем самым увеличиваются возможности станции переработать вагонопоток при минимальных простоях. Также стоит отметить, что при небольших объемах необходимо подводить замыкающие группы, тем самым снижая время простоя в сортировочном парке, а при больших объемах необходимо сконцентрироваться на ускорении расформирования, формирования, тем самым сокращая время в ожидании операций. На рис. 2 представлен график оптимального времени пребывания на станции.

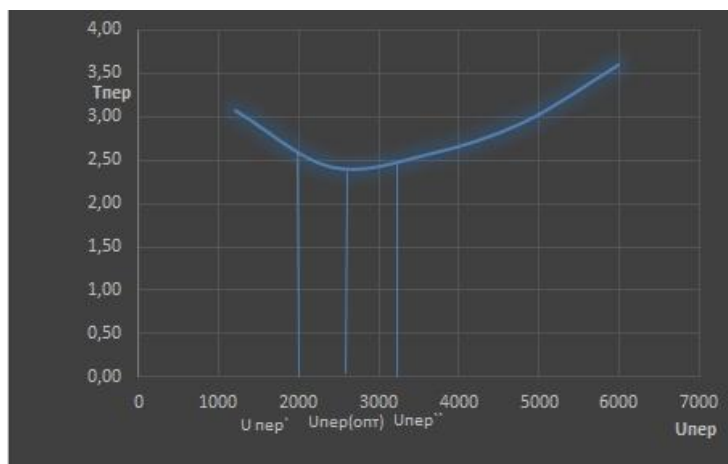


Рисунок 2 – Время пребывания вагона с переработкой на станции

Сравнивая графики, полученные аналитическим путем и данные со станции, можно рассчитать расхождение. Если взять нечетную систему, то мы видим, что при 3500 переработанных вагонов, время нахождения вагона на станции по графику 10,5 часов, а по данным со станции 9,68 часов. В итоге расхождение составляет 8%. Что же касается четной системы, то при 2700 переработанных вагонов, время нахождения вагона на станции по графику 10,2 часа, а по данным со станции 16,53 часа. В итоге расхождение составляет 38%. Стоит отметить, что теория массового обслуживания не учитывает важнейший фактор планирования работы станции как действия маневрового диспетчера по управлению продвижения вагонов по всем элементам станции, а также нестандартные моменты в деятельности станции, что может быть устранено только с использованием имитационного моделирования.

Заключение.

Анализ работы СПБ СМ с помощью теории массового обслуживания позволил оценить эффективность ее работы, однако для выработки управляющих воздействий и оценки их эффективности на работу станции требуется использование имитационных моделей, в силу ограниченности аналитического аппарата по отражению реальной эксплуатационной работы станции.

#### Список литературы

1. Распоряжение ОАО «РЖД» от 31.05.2011 N 1186р (ред. от 28.01.2015) «Об утверждении Положения о железнодорожной станции».
2. Шабалин Н.Н. Оптимизация процесса переработки вагонов на станциях /Н.Н. Шабалин// – Москва: Транспорт. 1973. 182 с.
3. Акулиничев В.М. Организация вагонопотоков / В.М. Акулиничев // Москва: Транспорт. 1979. 223 с.

## ПЛАНИРОВАНИЕ МАРШРУТА СЛЕДОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО КОМПЛЕКСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБОСНОВАННОЙ НЕОБХОДИМОСТИ

*Ищенко Андрей Дмитриевич – кандидат технических наук, профессор кафедры пожарной тактики и службы (в составе учебно-научного комплекса пожаротушения)*

*Шурыгин Максим Андреевич – старший научный сотрудник – начальник научно-исследовательской группы пожаротушения (в составе учебно-научного комплекса пожаротушения)*

*ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России  
129366, Россия, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4*

*Аннотация. Предложен новый подход к организации тренировок газодымозащитников к работе в непригодной для дыхания среде на территориях местных пожарно-спасательных гарнизонов, включающий в себя применение мобильных учебно-тренировочных комплексов и планирование маршрута их следования в результате обоснованной необходимости.*

*Ключевые слова: газодымозащитник, непригодная для дыхания среда, мобильный учебно-тренировочный комплекс, огневая полоса психологической подготовки пожарных.*

## PLANNING THE ROUTE MOBILE TRAINING COMPLEX DEPENDING ON JUSTIFIED NEED

*Ishchenko Andrey D. – Ph. D., Professor in the Department of fire tactics and service (educational-scientific complex fire) of the Academy of state fire service of EMERCOM of Russia*

*Shurygin, Maxim A. – senior researcher, Head of the research group fire extinguishing UNK firefighting Academy state fire service of EMERCOM of Russia  
Borisa Galushkina str., 4, Moscow, 129366, Russian Federation*

*Abstract. Proposed a new approach to the training of vasodilatation to work unfit for breathing environment in the territories of the local fire and rescue of the garrisons, including the use of mobile training facilities and the planning of the route the result is reasonably necessary.*

*Keywords: getdemopanel, unfit for breathing environment, mobile training facility, fire lane and psychological training of firefighters.*

Личный состав подразделений ФПС ГПС МЧС России, имеющий на вооружении средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, в целях поддержания и совершенствования навыков работы в непригодной для дыхания среде при ведении действий по тушению пожара, с определенной периодичностью участвует в следующих видах учебно-тренировочных занятий: в непригодной для дыхания среде (теплодымокамере, учебно-тренировочных комплексах) – один раз в квартал под руководством начальника (руководителя) подразделения ФПС ГПС или его заместителя;

– на огневой полосе психологической подготовки и иных учебно-тренировочных объектах с применением открытого огня – две тренировки в год (в летний и зимний периоды) под руководством начальника (руководителя) подразделения ФПС ГПС или его заместителя;

– на свежем воздухе:

– один раз в месяц под руководством начальника дежурного караула (смены), для отдельного поста под руководством начальника отдельного поста;

– один раз в месяц при проведении занятий по решению пожарно-тактических задач, проводимых под руководством начальника подразделения ФПС ГПС (его заместителя) [1].

Наиболее эффективными тренировками, с точки зрения готовности личного состава к выполнению задач по тушению пожара в реальных условиях, являются занятия в теплодымокамере (учебно-тренировочных комплексах) и учебно-тренировочных объектах с применением открытого огня, различных вариантов исполнения (стационарные и мобильные) (рис. 1) [2].



**Учебно-тренировочный  
пожарный полигон**



**Учебно-тренировочный ком-  
плекс «Огневой дом»**



**Мобильная теплодымокамера  
ПТС «Грот»**



**Мобильный передвижной ог-  
невой тренажёр**

*Рисунок 1 – Некоторые виды учебно-тренировочных комплексов*

В настоящее время механизм обеспечения подразделений пожарной охраны учебными объектами, в целях организации тренировок личного состава ГДЗС, не является удовлетворительным. Анализ статистических данных показывает, что соотношение фактического числа учебных объектов (теплодымокамера (ТДК) и огневая полоса психологической подготовки (ОППП)) к требуемому составляет половину, и эта тенденция значительно не изменяется.

Сокращение требуемого числа учебных объектов к аналогичному периоду сократилось на 2,8% и 4,3%, соответственно (рис. 2), что в свою очередь, дает объективное представление о низкой динамике и необходимости значительных затрат на решение данного вопроса с учетом роста требуемого числа тренировочных объектов на 1,3% и 1,1%, соответственно. При этом тренировки для поддержания уровня готовности подразделений пожарной охраны проводить нужно регулярно.

Современная нормативно-правовая база в данной сфере деятельности не дает четкого представления о механизме управления профессиональной подготовкой личного состава ПСГ, что ставит перед руководством местных ПСГ «планку», к которой приходится стремиться, но которая недостижима при условии нахождения всех гарнизонов под одним знаменателем.

Ввиду сказанного, в рамках формирования современной системы управления силами и средствами пожарно-спасательного гарнизона, необходимо сформировать принципиально новый подход к организации тренировочных занятий, позволяющий провести градацию, которая даст четкое понимание в необходимости дополнительного внимания к тренировкам личного состава на территориях отдельно взятых местных пожарно-спасательных гарнизонов, позволив создать «гибкую» систему управления профессиональной подготовкой газо-

дымозащитников. Такой подход был сформирован в ранних публикации на данную тему. На основании предложенной трехуровневой системы управления, предлагается в результате предварительного анализа выявить наиболее проблемные местные пожарно-спасательные гарнизоны в вопросах готовности личного состава к работе в непригодной для дыхания среде по трем уровням градации, где I – хороший уровень подготовки; II – удовлетворительный; III – неудовлетворительный [3].

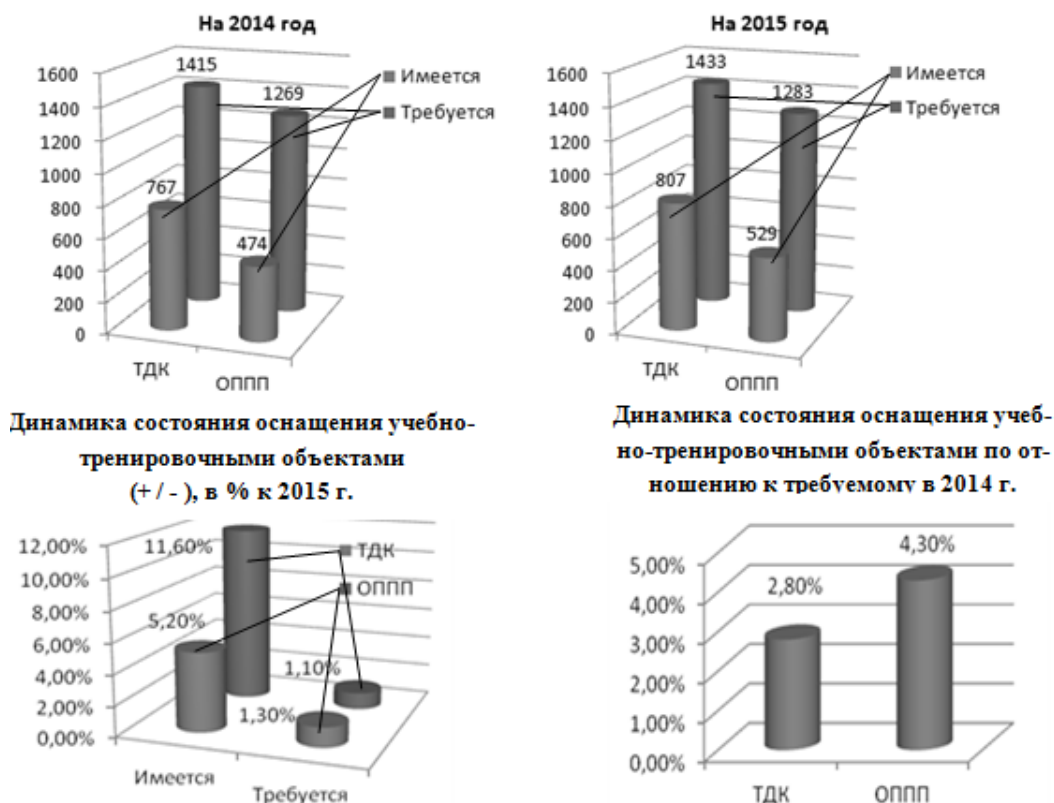


Рисунок 2 – Показатели укомплектованности подразделений пожарной охраны учебными объектами на территории РФ

Далее происходит моделирование маршрута движения мобильного учебно-тренировочного комплекса для организации и проведения тренировок личного состава наиболее критических и труднодоступных местных пожарно-спасательных гарнизонов. Для более детального моделирования движения мобильного комплекса и точного планирования времени и затрат рекомендуется использовать современные системы навигации, которые доступны в бесплатном пользовании.

В заключении остается изучить необходимость времени нахождения мобильного комплекса на территориях отдельно взятых местных пожарно-спасательных гарнизонов с учетом особенностей работы и тренировок, соответствующих пожарно-спасательных подразделений, размещенных на рассматриваемой территории и спланировать план тренировки газодымозащитников на будущий год.

Данный подход к организации и проведению тренировок с личным составом местных пожарно-спасательных гарнизонов работы в НДС, позволит выработать ряд управленческих решений направленных на:

- выявление наиболее «слабых» в плане профессиональной подготовки газодымозащитников, требующих большего внимания;
- оптимизацию системы профессиональной подготовки на основе особенностей деятельности местных гарнизонов;
- минимизацию расходов на организацию и проведение тренировок в результате научно-обоснованного подхода;
- создание «гибкой» системы организации тренировок, позволяющей отталкиваться от обоснованной необходимости.

### Список литературы

1. Программа подготовки личного состава подразделений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы МЧС России. Утверждена МЧС России 18.11.2016 № 2-4-71-66-18.

2. Шурыгин М.А., Бондаренко М.В., Харитонов А.В. К вопросу о готовности личного состава местных пожарно-спасательных гарнизонов к работе в непригодной для дыхания среде. Материалы VI-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности - 2017». М.: Академия ГПС МЧС России. 2017.

3. Ищенко А.Д., Шурыгин М.А. Организационно-технические решения планирования маршрута следования мобильного учебно-тренировочного комплекса при организации тренировок газодымозащитников // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. СПб.: ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2016. Том 1. 227-230 с.

УДК 656

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОБЯЗАТЕЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Маслаков Михаил Дмитриевич – доктор технических наук, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, uchsovet\_spbugps@mail.ru*

*Аннотация.* Рассмотрены отдельные вопросы, связанные правовым регулированием транспортной безопасности в России, а также проблемные вопросы, связанные с вступлением в силу постановления Правительства РФ № 969. Приводится пример применения данного Постановления в системе МЧС России и предлагаются решения, позволяющие ускорить решение проблемных вопросов.

*Ключевые слова:* транспорт, безопасность, чрезвычайные ситуации, обязательная сертификация, сертификат соответствия, законодательство, технические средства обеспечения транспортной безопасности.

## SOME ISSUES OF OBLIGATORY CERTIFICATION OF TECHNICAL MEANS OF TRANSPORT SECURITY

*Maslakov Mihail D. – Doctor of Engineering, professor of department of fire safety of technological processes and productions, St. Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy pr., 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, maslacov@mail.ru*

*Abstract.* Considers some issues of legal regulation of transport security in Russia, as well as problematic issues related to the entry into force of RF Government regulations N 969. An example of application of this Decree in the system of EMERCOM of Russia and proposes solutions to expedite the solution of problematic issues.

*Keywords:* transport, security, emergency situations, binding certification, certificate of conformity, legislation, technical means of transport security.

С целью создания «Единой государственной системы обеспечения транспортной безопасности» 09.02.2007 был принят Федеральный закон № 16-ФЗ «О транспортной безо-

пасности», подготовленный Министерством транспорта России (далее – Федеральный закон).

Закон детально предусматривал ряд последовательных мероприятий (в частности принятие ряда нормативных правовых актов Правительства и Министерства транспорта Российской Федерации), в результате которых должна была появиться единая государственная система транспортной безопасности, позволяющая повысить уровень защищенности объектов транспорта, уменьшить время реагирования специальных служб на чрезвычайные ситуации (ЧС), такие как пожар, дорожно-транспортные происшествия, террористические акты. Особенную актуальность вопрос безопасности на транспорте приобрел после теракта в метро Санкт-Петербурга 3 апреля 2017 года. Необходимо повысить эффективность принимаемых мер по предупреждению, предотвращению дальнейшего развития ЧС, локализации и ликвидации ЧС, уменьшить время реагирования и возможный ущерб объектам транспорта и, самое главное угрозы жизни и здоровья населения, пользующегося объектами транспорта и транспортной инфраструктуры [1].

Работа по реализации Федерального закона неоправданно затянулась, прежде всего, по причине длительных межведомственных согласований между Минтрансом, МВД, ФСБ России и отсутствия централизованного управления реализацией всего комплекса работ по разработке нормативно-правовых документов – подзаконных актов. Большинство из нормативно-правовых документов утверждались ускоренно, после совершенных в 2009-2011 годах террористических актов (подрыва «Невского экспресса», теракта в «Домодедово») и, как следствие, содержали много недоработок и противоречий.

Кроме того, в Федеральный закон неоднократно вносились изменения, последняя редакция действует с 21.12.2016 г. Работа над Федеральным законом продолжается.

Статьей 2 Федерального закона определены цели и задачи транспортной безопасности. Одной из основных задач обеспечения транспортной безопасности является сертификация технических средств обеспечения транспортной безопасности.

В соответствии с частью 8 статьи 12.2 Федерального закона технические средства обеспечения транспортной безопасности (системы и средства сигнализации, контроля доступа, досмотра, видеонаблюдения, аудио- и видеозаписи, связи, оповещения, сбора, обработки, приема и передачи информации, предназначенные для использования на объектах транспортной инфраструктуры и транспортных средствах в целях обеспечения транспортной безопасности) подлежат обязательной сертификации. Требования к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности и порядок их сертификации должны определяться Правительством Российской Федерации.

В развитие положений данной статьи Федерального закона постановлением Правительства РФ от 26.09.2016 № 969 (далее – Постановление) были утверждены требования к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности (далее – Требования) и Правила обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности (далее – Правила), вступившие в силу с 30.03.2017 года [2].

Введение подобной сертификации на транспорте должно привести к положительным сдвигам в вопросах транспортной безопасности, предупреждения, предотвращения, своевременному реагированию и ликвидации ЧС на объектах транспорта, в том числе посредством предъявления единых функциональных требований к техническому средству обеспечения транспортной безопасности, четкого разграничения сфер регулирования и ответственности федеральных органов власти.

Организация и проведение обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности, в том числе технических средств оповещения, на соответствие установленным требованиям к их функциональным свойствам (далее – обязательная сертификация технических средств обеспечения транспортной безопасности) осуществляется в порядке, установленном Правилами.

Обязательную сертификацию технических средств обеспечения транспортной безопасности осуществляют федеральные органы исполнительной власти (ФСБ России, МВД

России, МСЧ России, Россвязь и Минтранс) в пределах установленной сферы деятельности (далее – федеральные органы по сертификации).

Федеральным органом по сертификации, осуществляющим обязательную сертификацию в отношении технических средств оповещения для обеспечения транспортной безопасности, является МЧС России.

Требования к функциональным свойствам технических средств оповещения для обеспечения транспортной безопасности установлены в р. X Требований.

В соответствии с пунктом 3 Правил участниками обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности кроме федеральных органов по сертификации также являются:

- органы по сертификации – организации, подведомственные федеральным органам по сертификации, уполномоченные федеральными органами по сертификации на выполнение процедур, связанных с проведением обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности;

- испытательные лаборатории – юридические лица или индивидуальные предприниматели, аккредитованные в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации для проведения испытаний технических средств обеспечения транспортной безопасности;

- заявители – юридические лица или индивидуальные предприниматели, зарегистрированные в соответствии с законодательством Российской Федерации на ее территории, обратившиеся с заявлением о проведении обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности.

Рассмотрим реализацию данных нормативных правовых актов на примере МЧС России.

В соответствии с Федеральным законом, Постановлением, и в целях осуществления организации и проведения работ по обязательной сертификации технических средств оповещения приказом МЧС России от 28.02.2017 № 99 (далее – Приказ), функции по обязательной сертификации технических средств оповещения возложены на Научно-техническое управление МЧС России. Этим же приказом определены главный орган и органы, уполномоченные МЧС России, по сертификации технических средств оповещения [3].

29.03.2017 г. МЧС России были утверждены Положение об организации и порядке проведения работ по обязательной сертификации технических средств оповещения для обеспечения транспортной безопасности (№ 2-4-71-16-28) и Методики проведения сертификационных испытаний технических средств по подтверждению их соответствия требованиям к функциональным свойствам технических средств оповещения, установленных Постановлением (№ 2-4-71-17-28), разработанные главным органом (ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) во исполнение п. 4 Приказа.

31.03.2017 г. заместителем Министра МЧС России было проведено селекторное совещание по вопросу реализации Приказа и подписан протокол № 53-АЧ о мероприятиях по реализации Приказа.

Вместе с тем, есть определенные проблемные вопросы, связанные с реализацией обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности.

6-7 апреля 2017 г. в Санкт-Петербурге состоялся VII Международный форум «Безопасность на транспорте», основной целью которого была выработка предложений по совершенствованию законодательства и государственной политики в сфере обеспечения транспортной безопасности [4].

На форуме активно обсуждалась, в том числе, проблема сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности, связанная со вступившим в силу Постановлением.

Оказалось, что система сертификации в области транспортной безопасности не готова к функционированию в полном объеме, т.к. все пять федеральных органов по сертификации (ФСБ России, МВД России, МЧС России, Россвязь и Минтранс России) не полностью готовы к началу работы.



Основная проблема заключается в отсутствии испытательных лабораторий, аккредитованных Росаккредитацией на утвержденные методики проведения сертификационных испытаний технических средств обеспечения транспортной безопасности.

Регламентированные Постановлением Правительства РФ от 05.06.2014 № 519 «Об утверждении общих сроков осуществления аккредитации и процедуры подтверждения компетентности аккредитованного лица ...» сроки проведения аккредитации испытательных лабораторий и процедура расширения области аккредитации аккредитованных испытательных лабораторий, с учетом времени, необходимого для подготовки к аккредитации, не позволяют рассчитывать на скорое появление на рынке услуг, испытательных лабораторий, соответствующих заявленным к ним требованиям. Необходимо также отметить, что стоимость оснащения (дооснащения) испытательных лабораторий необходимым оборудованием, его поверка и аттестация, а также стоимость самой аккредитации или процедуры расширения области аккредитации будет негативно влиять на принятие руководителем испытательной лаборатории решения о целесообразности участия в испытаниях технических средств обеспечения транспортной безопасности [5].

Кроме того, у производителей и поставщиков технических средств обеспечения транспортной безопасности имеется много замечаний непосредственно к Требованиям. В одних случаях они считают требования к функциональным свойствам технических средств мало обоснованными и не обеспечивающими их надлежащее качество, в других случаях – весьма и весьма завышенными и мало исполнимыми.

С момента вступления в силу Постановления, контрольно-надзорные органы и прокуратура вынуждены действовать в рамках действующего законодательства и осуществлять мероприятия по контролю за соблюдением исполнения Постановления в установленном объеме. Государственные заказчики вынуждены в конкурсную документацию на закупки включать положение относительно обязательности наличия сертификата соответствия требованиям транспортной безопасности, а участники конкурсов, должны иметь такие сертификаты на технические средства. В связи с тем, что система сертификации не заработала в полном объеме, требования закона в этой части выполнять не представляется возможным.

Все это вносит определенные сложности в вопросе соблюдения законности при закупках и при освоении бюджетных средств на цели транспортной безопасности.

Из изложенного можно сделать вывод о том, что федеральным органам по сертификации совместно с разработчиком Постановления, Росаккредитацией и другими заинтересованными лицами необходимо в кратчайшие сроки принять меры к решению проблемных вопросов, возникших с момента вступления в силу Постановления, что особенно важно в связи с возрастающей актуальностью своевременного реагирования, предупреждения и ликвидации ЧС и ростом террористических угроз.

#### *Список литературы*

1. Федеральный закон от 9 февраля 2007 г. N 16-ФЗ «О транспортной безопасности».
2. Постановление Правительства РФ от 26 сентября 2016 г. N 969 «Об утверждении требований к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности и Правил обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности».
3. Приказ от 28.02.2017 № 99 «Об обязательной сертификации технических средств оповещения для обеспечения транспортной безопасности».
4. <http://confspb.ru/events-archive/2017/forum-bezopasnost-na-transporte-2017>.
5. Постановление Правительства РФ от 5 июня 2014 г. N 519 «Об утверждении общих сроков осуществления аккредитации и процедуры подтверждения компетентности аккредитованного лица, в том числе общих сроков проведения документарной оценки соответствия заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации и общих сроков проведения выездной оценки соответствия заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, а также сроков отдельных административных процедур при осуществлении аккредитации и процедуры подтверждения компетентности аккредитованного лица».

## КОГНИТИВНЫЕ КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В ЗАЩИТЕ МУЗЕЙНЫХ КОМПЛЕКСОВ

*Богданов Алексей Валентинович* – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России 196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149  
Заместитель директора Государственного Эрмитажа 190000, Россия, Санкт-Петербург, Дворцовая площадь, д. 2

*Аннотация.* В статье рассмотрены концептуальные основы построения перспективной когнитивной киберфизической системы безопасности. Представлена стратифицированная модель когнитивной киберфизической системы безопасности музейного комплекса. Рассмотрена обобщенная структурная схема когнитивного цикла киберфизической системы безопасности музейного комплекса. Дана характеристика основных процессов реализуемых в когнитивном контуре.

*Ключевые слова:* система безопасности, когнитивная система, когнитивный цикл, киберфизическая система, музейный комплекс, индустриальная революция.

## COGNITIVE CYBERPHYSICAL SYSTEMS FOR PROTECTION OF MUSEUM COMPLEXES

*Bogdanov Alexey V.* – PhD in Tech., Associate Professor, Professor of the Fire Safety Department of Buildings and Automated Fire Fighting Systems of St. Petersburg of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia  
Moskovskiy pr.t, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation  
Deputy Director of the State Hermitage  
Palace square, 2, St.Petersburg, 196000, Russian Federation

*Abstract.* In the article the conceptual bases of construction of perspective cognitive cyber-physical security system are considered. A stratified model of the cognitive cyber-physical security system of the museum complex is presented. The generalized structural scheme of the cognitive cycle of the cyber-physical security system of the museum complex is considered. The characteristic of the main processes realized in the cognitive contour is given.

*Keywords:* security system, cognitive system, cognitive cycle, cyber-physical system, museum complex, industrial revolution.

Индустриальные революции, стартовавшие двести лет назад (рис. 1) оказывали и продолжают оказывать существенные воздействия на все сферы жизни общества (способы производства, экономику, политику, жизнь и быт). В значительной степени индустриальные революции находят свое новое проявление в сфере обеспечения безопасности.

В течение первой индустриальных революций преимущественно имели место системы физической безопасности. В ходе второй индустриальной революции широко применялись электромагнитные системы безопасности. С наступлением третьей индустриальной революции, особенностью которой является широкое применение вычислительной техники, программного обеспечения и сетевых технологий появились новые, компьютеризированные системы безопасности, а вместе с ними появились и новые проблемы обеспечения информационной и сетевой безопасности (безопасности в кибернетической сфере).

В настоящее время наступает новая (четвертая) индустриальная революция, одной из отличительных особенностей которой является широкое распространение интеллектуальных систем обеспечения безопасности (рис. 1).



Рисунок 1 – Козволюция индустриальных технологий и технологий обеспечения безопасности

Вместе с тем, четвертая индустриальная революция ведет к появлению новых угроз безопасности в самых разных сферах. Это объясняется прежде всего тем, что в рамках новой индустриальной стратегии предусматривается не только интеллектуализация промышленности, финансовых институтов и торговли, сферы образования и культуры, но и их информационно-сетевое и интеллектуальное взаимодействие. Другими словами, обеспечение безопасности приобретает комплексный (взаимосвязанный) и глобальный характер. При этом в каждой сфере деятельности имеются свои особенности уязвимости и потребность осуществления защиты, как в физической, так и в кибернетической плоскостях.

Еще одной особенностью наступающей 4-й индустриальной эпохи является расширение роли кибернетического пространства во всех сферах жизни и деятельности общества. В кибернетическом пространстве находят свое цифровое отражение не только материальные объекты физического мира, но и ментальные объекты. В последнее время проявления различных действий (в том числе относящиеся и к сфере безопасности музейных комплексов) часто находят свое отражение в обоих: и физической, и кибернетической плоскостях. Более того киберпространство все шире применяется различными преступными элементами для нанесения ущерба физическим объектам (и наоборот). Другими словами, наблюдая за поведением субъекта или объектом потенциальной угрозы в одной из сфер воздействия (например, физической) появляется возможность независимой оценки его поведения и в другой плоскости – кибернетической, при этом открываются новые более широкие возможности для существенного повышения качества работы систем обеспечения безопасности музейных комплексов.

Когнитивные киберфизические системы безопасности и их стратифицированное представление.

Люди являются важнейшей составной частью любой системы безопасности. Они интуитивно осознают цели и задачи преднамеренного нарушителя и формируют представление о поведении, которое он может иметь при попытках достижения своих целей в физической сфере. При этом люди используют все пять чувств, чтобы обнаружить признаки подобного поведения в целях оценки серьезности угрозы, таким образом, что заранее может быть инициирована эффективная защитная реакция. Для расширения наблюдаемости за соблюдением безопасности физической сферы, она в ряде случаев насыщается различного рода датчиками (в т.ч. видео-датчиками), что позволяет быстро идентифицировать место и время возникновения угрозы и своевременно отреагировать на нее. Использование различного рода датчи-

ков фактически обеспечивает существенное расширение пространства наблюдения с помощью технических систем (на основе переноса «возмущений» в киберсферу) с последующим оповещением нарушения человека-оператора или защищающего автоматического технического устройства.

Операторы систем безопасности способны сформировать профили угроз, связанные с целями конкретного нарушителя (например, очевидно различающиеся профили террористической угрозы, грабежа, вандализма, страхового мошенничества, мошенничество казино и т.д.). При этом даже высококвалифицированный оператор способен проанализировать исходные данные, предоставляемые весьма незначительным количеством периферийных устройств безопасности, развернутых в сетевой среде. Таким образом, основной недостаток существующего ныне подхода заключается в том, что оператор зачастую не способен обработать в реальном масштабе времени большое количество данных, поступающих от периферийной инфраструктуры безопасности. Сложность проблемы наблюдения, идентификации опасных ситуаций и своевременного реагирования на них одновременно в обеих сферах (физической и кибернетической) существенно возрастает. Причина этого заключается в высокой сложности и скорости изменения ситуационной опасности, которая часто становится настолько непростой, что оператору (группе операторов) недостает данных природой возможностей для своевременного реагирования.

Одним из ключевых подходов к решению постоянно обостряющихся проблем обеспечения безопасности (в самых разных областях) является создание когнитивных киберфизических систем обеспечения безопасности. Особенностью когнитивных киберфизических систем обеспечения безопасности является частичная передача интеллектуальных функций человека-оператора (только тех, с которыми оператор не может справиться в полной мере) техническим когнитивным системам [1,2].

Обобщенное стратифицированное представление когнитивной киберфизической системы безопасности (КСБ) музейных комплексов представлено на рис. 2. На первой страте (в физической системе) находятся защищаемые материальные системы и протекающие физические процессы. Физические системы и процессы насыщены сенсорами (обеспечивающими оценку их состояний) и исполнительными устройствами (способными оказывать воздействия на физические системы, их процессы и окружающую их среду).

Вторая страта включает встроенные контроллеры, которые на основе данных получаемых от множества сенсоров формируют внутреннюю цифровую модель физической среды (физического объекта, физических процессов и внешней среды). Цифровая модель среды используется для формирования команд на исполнительные устройства и контекстная ее часть направляется на встроенный когнитивный вычислитель.

На третьей страте располагается когнитивный вычислитель, который обрабатывая поток цифровых информационных моделей, получаемый из киберплоскости, формирует знания о динамике и направлении изменений происходящих в физической плоскости, таким образом, самообучается и направляет их во встроенный контроллер для выработки плана максимально эффективных действий реализуемых исполнительными устройствами совместно с персоналом музейного комплекса.

Процесс функционирования КСБ циклический, периодичность его повторения зависит от степени динамичности процессов, протекающих в физической среде.

В качестве защищаемого объекта может выступать любая физическая система (например, интеллектуализированное здание). В этом случае здание может быть логически разделено на кибернетическую плоскость (в которой протекают сетевые, информационные, программные и интеллектуальные процессы) и физическую плоскость (в которой происходят физические перемещения и действия обслуживающего персонала и исполнительных механизмов).

Современный музей – как когнитивная киберфизическая система

Цифровизация и интеллектуализация музеев исторически неизбежна [3].

Цифровой музей – это музей, который использует в своей деятельности цифровые технологии [4]. Уже в настоящее время цифровые технологии широко используются для

поддержки всех видов музейной деятельности, таких как, сбор коллекции, хранение, исследование, экспозиция, обучение, исторические исследование коллекций и обеспечение их безопасности.

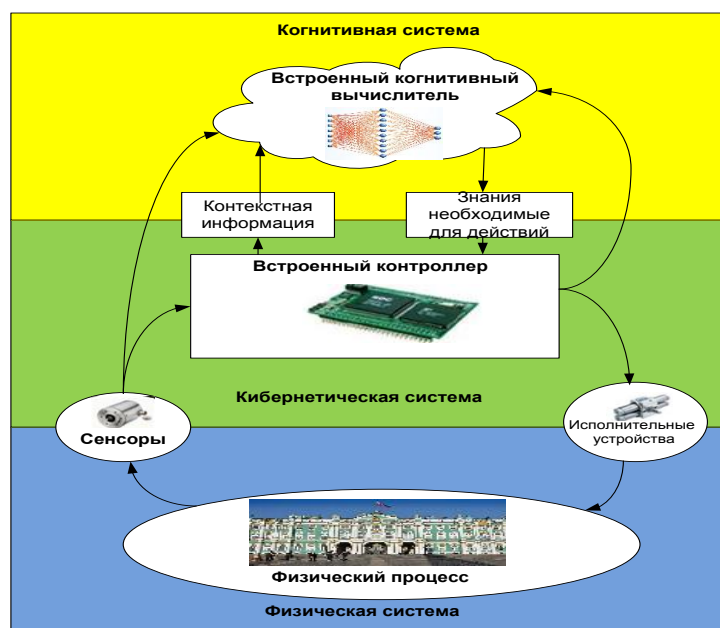


Рисунок 2 – Когнитивная киберфизическая система безопасности музейного комплекса

Как правило, музеи выполняют три вида функции [3]: первичная, вторичная и функции обеспечения защиты экспонатов.

Основная функция заключается в приобретении, классификации и исследовании коллекции.

Вторая функция – это образовательная деятельность с использованием коллекций, включая выставки.

Третья обеспечение сохранности и безопасности коллекций.

Что касается первичной функция, то цифровое макетирование (цифровое сканирование и высокоточное воспроизведение оригинала) иногда является единственной возможностью для пополнения коллекции и восстановления экспонатов, их безошибочную классификацию и исследование (на основе цифровой обработки изображений экспонатов и больших исторических данных). Независимо от условия сохранения коллекции в музее, коллекция непременно ухудшится со временем. Единственный способ сохранить текущего состояния коллекций является их точное измерение с помощью различных сканеров и датчиков, запись и хранение данных измерений в цифровых форматах. Цифровые технологии, могут применяться при проведении реставрации. Цифровые модели экспонатов могут сохраняться бесконечно долго.

Вторую функцию, особенно музейные выставки, ожидают существенные изменения, основанные на применении технологий мультимедиа и сетевых технологий. Эти технологии включают виртуальные музеи, на основе гипермедиа в Интернете и сетевой виртуальной 3D среды. Эти виртуальные выставки позволяют бесконечно расширять выставочные пространства. В целом, современный цифровой музей представляет собой культурную киберфизическую систему.

Третья функция претерпевает радикальные изменения, поскольку в защите нуждаются не только реальные (физические) экспонаты, но и виртуальные экспонаты (базы музейных данных) и средства их экспозиции (компьютерные сети и системы), располагающиеся в кибернетической плоскости.

Одним из самых эффективных подходов к защите киберфизических систем является применение когнитивных технологий. Важно отметить, что когнитивные технологии позво-

ляют существенно повысить эффективность выполнения всех (трех) функций выполняемых музеями.

**Вывод.** Отличительной особенностью и новизной рассмотренных когнитивных киберфизических систем безопасности (КСБ) музейных комплексов является их гармоничное соответствие требованиям защиты самых разных, как традиционных, так и перспективных архитектур (исторических, культурных, индустриальных, экономических, банковских, социальных и т.д.) в контексте тех изменений, которые они претерпевают (и будут в дальнейшем претерпевать) в процессе развертывания четвертой индустриальной революции.

#### *Список литературы*

1. Малыгин И.Г., Комашинский В.И. Информационные технологии и искусственный интеллект – основные двигатели четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Теоретический и прикладной научно-технический журнал «Информационные технологии». 2016. Том 22. № 12. С. 899–904.

2. Малыгин И.Г., Комашинский В.И. Наука, технологии и образование в период 4-й индустриальной революции: материалы XI Всероссийских научных чтений «Научно-технические проблемы в промышленности: будущее сильной России – в высоких технологиях». 19-21 апр. 2017. С-Петербург. СПб: Изд-во «Скифия». С. 121-127.

3. Богданов А.В. Концепция создания систем безопасности крупных музейных комплексов // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2013. № 4. С. 39-43.

4. Богданов А.В. Особенности обеспечения информационной безопасности облачных технологий в едином информационном пространстве крупных музейных и выставочных комплексов: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Комплексная защита объектов информатизации и измерительные технологии», Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 16-18 июня 2014 года. СПб: Изд-во Политехн. ун-та. 2014. С. 12-14.

УДК 335/359

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЙСК ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ**

*Белов Алексей Викторович – кандидат технических наук, докторант отдела организации научной работы и подготовки научно-педагогических кадров*

*ФГКВБОУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева*

*199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8, vamto@mail.ru*

*Аннотация.* В статье раскрывается становление системы обеспечения (подвоза, транспортирования) потенциально опасными изделиями войск с конца XIX века. Изменения порядка обеспечения войск потенциально опасными изделиями. Совершенствование системы обеспечения потенциально опасными изделиями в общей системе материально-технического обеспечения войск, не представляется возможным без анализа, обобщения и теоретического обоснования в различных видах боя.

*Ключевые слова:* система, обеспечение, потенциально опасные изделия, запас, войска, снабжение, совершенствование.

## **IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF POTENTIAL DANGEROUS ITEMS SUPPLY IN TROOPS**

*Belov Aleksey V. – Candidate of Technical Sciences, doctoral student of department of organization scientific affairs and training of scientific and pedagogical personnel (technical support), Military academy of logistics Federal state-funded institution of high Military education Military Academy*

*Makarova Emb., 8, St.Petersburg, 190034, Russian Federation, vamto@mail.ru*

***Abstract.** This article reveals establishing a supply system (transportation system) of potentially dangerous items for troops from the end of the XIX century. Changes in the order of supplying troops with potentially dangerous items. Improvement of the system of supplying potentially dangerous items in the main system of material and technical troops support, turn to be impossible without analysis, generalization and elaborate theoretical justification in various types of combat.*

***Keywords:** system, support, potentially dangerous items, stock funds, troops, supply, improvement.*

Система обеспечения потенциально опасными изделиями к концу XIX в. характеризовалась наличием штатных запасов на транспорте только в артиллерийских батареях, пехотных и кавалерийских полках. Остальные звенья войск штатных запасов потенциально опасных изделий и транспорта для его содержания и подвоза не имели. Под потенциально опасными изделиями (ПОИ) понимаются изделия, одноразового применения, предназначенные для поражения целей или выполнения задач, способствующих поражению целей или препятствующим действиям противника, такие как ракеты и боеприпасы.

Запасы ПОИ придавались армиям, корпусам и дивизиям в виде местных артиллерийских парков и летучих артиллерийских парков, которые находились в подчинении начальников (инспекторов) артиллерии. Подвоз ПОИ осуществлялся, как правило, «на себя» из вышестоящих органов снабжения, и все мероприятия, относящиеся в настоящее время к техническому обеспечению, рассматривались в системе деятельности тыла.

Период с начала XX века до конца 30-х годов характеризуется появлением новых видов вооружения, массовым оснащением ими войсковых формирований и появлением на этой основе новых родов войск, что повлекло за собой создание в значительной степени самостоятельных технических служб по видам вооружения и военной техники (ВВТ) и различных видов технического обеспечения.

Российская армия вступила в XX в., имея современное для того времени артиллерийское вооружение. Период 1900-1917 годов характеризуется появлением новых образцов артиллерийского и стрелкового вооружения. До середины 30-х годов развитие артиллерийского вооружения происходило в основном за счет модернизации существующих образцов [1].

Изменения в системе управления службой вооружения произошли в январе 1916 г. При Верховном главнокомандующем вводятся артиллерийское управление и должность полевого генерал-инспектора артиллерии. На них возлагалось руководство всеми вопросами артиллерийского снабжения в операциях в масштабе Вооруженных Сил.

С созданием артиллерийского управления начальник артиллерийского снабжения фронта не имел права непосредственно обращаться в Главное артиллерийское управление (ГАУ).

До этого периода не было органа управления снабжением действующей армии. Все вопросы снабжения в интересах фронтов решались Главными управлениями, минуя штаб Верховного Главнокомандующего, что приводило к несогласованности оперативно-стратегических и материально-технических мероприятий.

В армии создавались армейские тыловые склады, как правило, на железнодорожных станциях, и временно-промежуточные склады для корпусов. Пополнение запасов на временно-промежуточных складах производилось армейским транспортом из тыловых складов.

Подвоз ПОИ осуществлялся «на себя». Таким образом, опыт первой мировой войны подтвердил необходимость наличия штатных или выделяемых старшим звеньям запасов ПОИ и транспорта подвоза во всех звеньях войск [2].

В годы гражданской войны была принята система обеспечения войск ПОИ, в основ-

ном соответствующая схеме снабжения русской армии в первой мировой войне. Однако эта система полностью не была реализована. На различных фронтах обеспечение войск ПОИ осуществлялось по-разному, исходя из местных условий и организаторских способностей соответствующих начальников.

Во фронтовом и корпусном звеньях артиллерийские склады отсутствовали. Только в механизированных и кавалерийских корпусах предусматривался корпусной обменный пункт с запасами всех видов материальных средств.

Головные артиллерийские склады армий базировались на железнодорожных станциях, в вагонах или на грунте, а для подачи ПОИ в войска, выделялся армейский транспорт из автомобильных, тракторных, гужевых батальонов и рот, при этом армейский транспорт не специализировался по видам грузов (кроме горючего). В стрелковой дивизии имелись подвижный артиллерийский склад и рота подвоза в составе отдельного автотранспортного батальона дивизии, личный состав склада штатами не предусматривался. В стрелковом полку - артиллерийский склад, первый взвод подвоза транспортной роты полка и взвод боепитания полковой артиллерии; в артиллерийском полку – взводы боепитания дивизионов на своем транспорте; в стрелковом батальоне – отделение боевого питания во взводе снабжения.

В годы войны происходят неоднократные изменения структуры, численности и подчиненности органов управления артиллерийским снабжением различных звеньев войск. Во фронте и армии служба артснабжения подчинялась соответствующим начальникам артиллерии.

В мае 1942 г. служба артснабжения фронта и армий, оставаясь в общем подчинении начальника артиллерии, была по целому ряду функций подчинена начальнику тыла. Создание системы двойного подчинения службы артснабжения начальникам артиллерии и тыла, очевидно было вызвано, прежде всего, необходимостью упорядочить процесс обеспечения войск ПОИ, так как за своевременное и полное наличие ПОИ отвечал начальник службы артснабжения, а за их подвоз – начальник тыла, в подчинении которого находился транспорт подвоза. Система двойного подчинения не привела к желаемым результатам и, хотя не была отменена, но полностью не реализовалась. Служба артснабжения в стрелковом и механизированном корпусах неоднократно упразднялась и восстанавливалась с подчинением начальнику артиллерии. Вместе с тем подобные службы артснабжения в танковых и кавалерийских корпусах подчинялись непосредственно начальнику тыла.

В стрелковой дивизии служба артснабжения подчинялась начальнику артиллерии, а в танковых и механизированных бригадах входила в службу тыла и непосредственно подчинялась помощнику командира по хозяйственной части.

Интеграция службы артснабжения с тылом в соединениях и частях танковых и механизированных войск объяснялась значительно более маневренным характером действий ВВТ, зачастую в отрыве от главных сил, что объективно обуславливало необходимость полного единства действий службы артснабжения и тыла по обеспечению материальными средствами, особенно ПОИ, а не на уровне согласования двух независимых служб.

В стрелковых и артиллерийских полках стрелковой дивизии имелся только начальник артснабжения, подчиненный помощнику командира полка по хозяйственной части.

В стрелковых и мотострелковых батальонах службу артснабжения представлял начальник боепитания, подчиненный командиру батальона. В танковом батальоне имелся помощник начальника технической части (заместителя командира по технической части) по артснабжению, то есть на уровне подразделений бронетанковых механизированных войск (БТМВ) служба артснабжения интегрировалась с другими службами технического обеспечения.

Значительные изменения претерпела система обеспечения ПОИ. Сложившаяся в предвоенный период система обеспечения ПОИ не оправдала себя уже в первые месяцы войны. Особенно слабым звеном оказалась подача ПОИ из складов приграничных военных округов в головные артиллерийские склады армий, оказавшиеся громоздкими и малоподвижными. Обстановка осложнялась тем, что из 9 баз боеприпасов ГАУ 6 были эвакуированы,



в связи с чем были временно потеряны 60-80 % производственных мощностей по сборке выстрелов унитарного заряжания.

В сентябре 1941 г. во фронтах были организованы полевые артиллерийские склады, заменившие громоздкие стационарные склады, располагавшиеся в районах фронтовых распорядительных станций. Вместо головных артиллерийских складов армий создаются полевые армейские базы, развертываемые в районе армейских распорядительных станций. Подача ПОИ в войска со складов полевой армейской базы осуществлялась автотранспортом начальником тыла армии на корпусные обменные пункты механизированных и кавалерийских корпусов, обменные пункты стрелковых и кавалерийских дивизий, танковых, механизированных и мотострелковых бригад. При дивизионном обменном пункте развертывался подвижный артиллерийский склад дивизии, который организационно входил в автотранспортную роту дивизии, но по вопросам обеспечения ПОИ подчинялся начальнику артснабжения. Низшим звеном системы были полковые артиллерийские склады и батальонные пункты боевого питания.

Специфические особенности имела система обеспечения ПОИ объединений, частей и соединений БТМВ.

В ряде случаев объединения и соединения БТМВ – подвижные группы усиливались фронтовым транспортом с запасами материальных средств. Кроме того, на фронте создавались специальные подвижные отряды тыла с запасами ПОИ и горючего для обеспечения объединений и соединений БТМВ, действующих в составе подвижных групп. Большой отрыв танковых и механизированных соединений при недостаточных возможностях фронта по подвозу материальных средств вынуждал создавать в танковых армиях и отдельных танковых (механизированных) корпусах повышенные запасы.

Вместе с тем войсковой и армейский транспорт не мог поднять такие запасы. В целом в БТМВ соблюдался общий принцип – подвоз вперед, от вышестоящего звена к нижестоящему и непосредственно в войска. Однако конкретная реализация этого принципа, особенно в низших звеньях, имела целый ряд особенностей, прежде всего, максимальное использование транспорта, всех звеньев с учетом допустимой величины пробега.

Особое место в обеспечении соединений и объединений БТМВ, действующих в качестве подвижных групп, занимали обеспечение путей подвоза и эвакуации и прикрытие перевозок. Пути подвоза разбивались на три участка. Первый обеспечивался стрелковыми соединениями первых эшелонов, второй – средствами танковой армии, третий – средствами танковых (механизированных) корпусов.

В целом для системы обеспечения ПОИ характерно постоянное возрастание количества полевых артиллерийских складов, что означало существенное увеличение гибкости системы.

В конечном итоге в годы войны сложилась система обеспечения ПОИ: центральные базы ГАУ – полевые фронтовые артиллерийские базы – полевые армейские артиллерийские склады – дивизионные артиллерийские склады – полковые артиллерийские склады – пункты боевого питания батальонов.

Основу развития системы обеспечения ПОИ составляло создание подвижных запасов во всех звеньях войск от подразделения до армии (корпуса) и частично во фронте. Склады ПОИ во всех звеньях войск к настоящему времени вошли в состав бригад, батальонов и рот материального обеспечения с сохранением полной ответственности начальника службы ракетно-артиллерийского вооружения и заместителя командующего (командира) по вооружению в целом за обеспечение войск ПОИ, а заместителя по тылу – за подвоз.

В конце XIX начало XX веков была создана и функционировала новая система обеспечения ПОИ: центральные арсеналы, базы ГАУ – полевые фронтовые артиллерийские базы – полевые армейские артиллерийские склады – дивизионные артиллерийские склады – полковые артиллерийские склады – пункты боевого питания батальонов.

В настоящее время система обеспечения ПОИ переживает свой очередной период своего совершенствования. Заново проводится анализ, обобщение и теоретическое обоснование организации обеспечения в различных видах боевых действий.

### Список литературы

1. Волкотрубенко И.И. Служба боевого снабжения войск. Краткий исторический очерк: монография. Пенза: ПВАИУ. 1966. 196 с.
2. Болгаров Н.И., Белов А.В., Беспоместных А.А. Обоснование концептуального подхода комплексного использования транспорта в системе технического и транспортного обеспечения группировок войск (сил) на стратегическом направлении. // Вестник военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва. 2017. № 1 (9). С. 41-47.

## СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

*Зайцев Евгений Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры организации и управления транспортными системами*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации*

*196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, eenzaitsev@mail.ru*

*Шайдунов Иван Георгиевич – старший преподаватель кафедры организации и управления транспортными системами*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации*

*196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, naviaga@mail.ru*

*Аннотация. Рассмотрен концептуальный подход к проблеме комплексной безопасности при взаимодействии участников транспортно-логистической системы смешанных перевозок (ТЛС СП). Предложен метод декомпозиции ТЛС СП с учетом требований комплексной безопасности до уровня модуля системы. Даны предложения по интеллектуализации ТЛС СП. Разработаны предложения по формированию комплексной системы безопасности ТЛС СП с использованием новейших информационно-управляющих технологий – интеллектуальных транспортных систем.*

*Ключевые слова: транспортно-логистическая система, комплексная безопасность, интеллектуальные транспортные системы.*

## MODERN DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF INTEGRATED SAFETY OF THE TRANSPORT AND LOGISTIC SYSTEM

*Zaitsev Evgeniy N. – Doctor in Engineering, Professor, Department of organization and management of transport systems, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, enzaitsev@mail.ru*

*Shaydurov Ivan G. – senior lecture, Department of organization and management of transport systems, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, naviaga@mail.ru*

*Abstract. Considers a conceptual approach to the problem of complex security in the interaction of participants of the transport and logistics system of mixed transport (TPS MT). The method of decomposition of the TL MT is proposed taking into account the requirements of complex safety up to the level of the module of the system. Proposals on the intellectualization of the TPS of the joint venture are given. Proposals on the formation of an integrated security system for TLS MT have been developed using the latest information and control technologies - intelligent transport systems.*

*Keywords: transport and logistics system, integrated security, intelligent transport systems.*

Основные стратегические цели и задачи по развитию транспортной системы управления перевозками сформулированы в Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года [1]:

- развитие смешанных (мультимодальных) перевозок;
- развитие крупных транспортных логистических узлов,
- создание единой информационной среды взаимодействия участников ТЛС СП;
- создание интеллектуальных транспортных систем с использованием глобальной навигационной системы ГЛОНАСС/GPS и современных инфотелекоммуникационных технологий.

Практическая реализация поставленных целей и задач требует разработки и внедрения современных решений для автоматизации безопасного взаимодействия всех участников перевозочного процесса, применения систем навигации, систем электронного обмена, унифицированных перевозочных документов, технологий информационной интеграции.

Эффективное управление логистическими процессами в транспортных системах в условиях рыночных отношений необходимо развивать на следующих основных принципах [2,3]: системности, комплексности, декомпозиции, непрерывного взаимодействия внутреннего и внешнего логистического процесса, мониторинга транспортной деятельности, непрерывной опережающей управленческой подготовки личного состава.

В настоящее время для участников смешанных перевозок характерна организационная, управленческая, финансовая, информационная, технологическая и иная разобщенность. В большей степени они заботятся о своих интересах и редко обращают внимание на вопросы эффективности, результативности и безопасности смешанных перевозок во взаимодействии как целостного процесса.

Следовательно, необходимо иметь комплексную систему управления участниками смешанных перевозок, своевременно реагирующую на изменения как внутренней, так и внешней среды, изменение свойств средств производства при их функционировании и развитии при строгом выполнении требований по экологии и безопасности. Тем самым, можно обеспечить единство, как внутренней логистики каждого участника перевозки, обеспечивающей своевременную подготовку средств производства основного технологического процесса, так и внешней логистики при их партнерском взаимодействии в составе ТЛС СП (рис. 1).

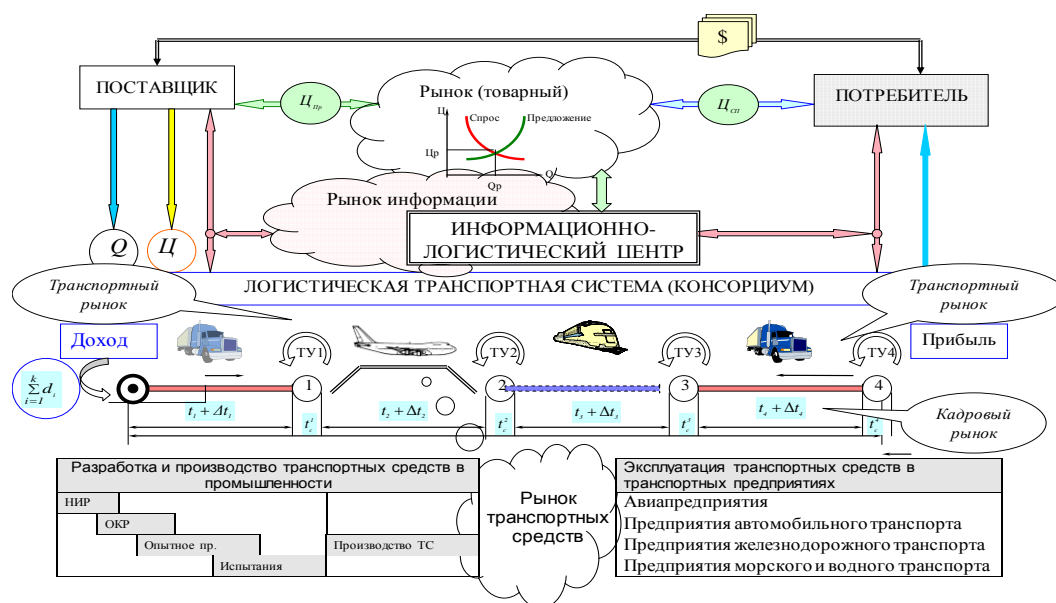


Рисунок 1 – Комплексная система управления участниками смешанных перевозок с участием автомобильного, авиационного, железнодорожного транспорта и обеспечивающих рынков

Возможность рассматривать ТЛС СП комплексно во взаимосвязи и взаимодействии позволяет матричная структура. Матричное управление способствует упорядочению взаимодействия всех участников, выполняющих конкретные операции на этапах маршрута и в процессе их подготовки к работе с целью доставки в место назначения «точно в срок» и с минимальными затратами ресурсов.

Особое внимание уделяется вопросам комплексной безопасности, объединяющей опасности, возникающие при взаимодействии участников перевозки в процессе подготовки её и выполнения.

#### Комплексная безопасность транспортно-логистических систем при смешанных перевозках

Проблемы комплексной безопасности по всем уровням горизонтально-вертикальной декомпозиции ТЛС СП определяются опасными свойствами на каждом уровне взаимодействия участников смешанной перевозки и свойствами среды, возникающими при подготовке средств производства и взаимодействии в едином транспортно-производственном процессе.

Характеристика свойств средств производства (элементов) участников смешанной перевозки (материального и информационного процессов):

1. Свойства опасности начального состояния средств производства (их не готовность).
2. Свойства опасности, возникающие при взаимодействии средств производства при выполнении своих функций.
3. Свойства опасности при взаимодействии средств производства с внешней и внутренней средой при выполнении своих функций.
4. Свойства опасности при подготовке (ремонте) средств производства к основной и подготовительной работе.

Рассмотрим уровень горизонтальной декомпозиции ТЛС СП на примере логистического маршрута «Производитель продукции – Автомобильная компания – Авиационный транспортно-логистический узел-1 – Авиакомпания – Авиационный транспортно-логистический узел-2 – Автомобильная компания - Получатель» и особенности комплексной безопасности при выполнении работ каждым участником перевозки.

1. Система «Производитель продукции (Продавец)» (рис. 1) обеспечивает готовность товара (груза) к погрузке, процесса погрузки и своевременного начала перевозки с учетом требований производственной безопасности, охраны труда персонала у производителя.

2. Автомобильная транспортно-логистическая система 1 (АмТЛС-1) (рис. 1) обеспечивает сохранность и безопасность груза в процессе перевозки и передачи его в транспортно-логистическом узле на другой вид транспорта с учетом требований транспортной безопасности на всех этапах и операциях выполнения автомобильной перевозки.

3. Авиационная транспортно-логистическая система (АвТЛС) (рис. 1) обеспечивает свойства готовности выполнить грузопассажирскую перевозку по маршруту «Аэропорт-1 – Аэропорт-2» и обеспечить авиационную безопасность при подготовке пассажиров, груза, самолета и аэродрома к полету, а также безопасность полета по маршруту.

3.1. Авиационный транспортно-логистический узел 1 (АвТЛУ-1). Комплексная безопасность обеспечивается при взаимодействии систем «Аэропорт-1 – УВД Аэропорта-1 – Авиакомпания (ВС и экипаж)», в процессе подготовки и выполнения рейса.

3.1.1. Система «Аэропорт-1» обеспечивает свойства готовности выполнить наземное обслуживание воздушного судна (ВС) в соответствии с технологическим графиком, техническая подготовка ВС, коммерческая загрузка, заправка ВС ГСМ и другие операции графика, а также подготовка аэродрома для выполнения рейса.

3.1.2. Система «Авиакомпания» (эксплуатант) обеспечивает свойства готовности ВС выполнить полет безопасно.

3.1.3. Система управления воздушным движением (УВД) Аэропорта-1 обеспечивает свойства готовности системы обеспечить безопасность и регулярность полётов в районе аэропорта (взлет и выход из района аэродрома на маршрут).

3.2. Система районного центра (РЦ) УВД обеспечивает свойства готовности исключить опасное сближение по горизонтали и вертикали, а также повысить экономичность при проведении воздушных судов через зону своей ответственности.

3.3. Авиационный транспортно-логистический узел 2 (АвТЛУ-2).

3.3.1. Система «Аэропорт 2» обеспечивает свойства готовности аэродрома принять ВС и обслужить в соответствии с требованиями комплексной безопасности.

3.3.2. Система «Авиакомпания» (эксплуатант) обеспечивает свойства требуемого взаимодействия экипажа, диспетчерских пунктов и аэродромной службы при посадке ВС.

3.3.3. Система управления воздушным движением Аэропорта-2 обеспечивает готовность системы УВД обеспечить безопасную посадку воздушных судов.

4. Автомобильная транспортно-логистическая система 2 (АмТЛС-2) (рис. 1). Требования комплексной безопасности соответствуют требованиям этапа 2.

5. Система «Потребитель продукции (Заказчик)» (рис. 1) обеспечивает готовность системы безопасно принять и разместить груз на территории предприятия.

Проблемы комплексной безопасности ТЛС СП определяются опасными свойствами на каждом уровне взаимодействия участников смешанной перевозки и свойствами среды.

С целью упреждения возможных отклонений и уменьшения развития опасных ситуаций при подготовке и выполнении функций участниками ТЛС СП, увеличения эффективности и безопасности необходимо применение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) [4-6].

Идея ИТС, в своей основе, уже практически реализована в глобальном масштабе под руководством ИКАО в гражданской авиации.

Начиная с 80-х годов большинство стран Европы, Азиатско-Тихоокеанского региона и США активно развивают ИТС.

В мировой практике ИТС направлены на повышения производительности смешанных (интермодальных) перевозок при взаимодействии различных видов транспорта, на уменьшение опасных ситуаций, экологичности, энергетических затрат.

Структура единой ИТС СП (рис. 2), обеспечивающая управление в процессе выполнения смешанной перевозки:

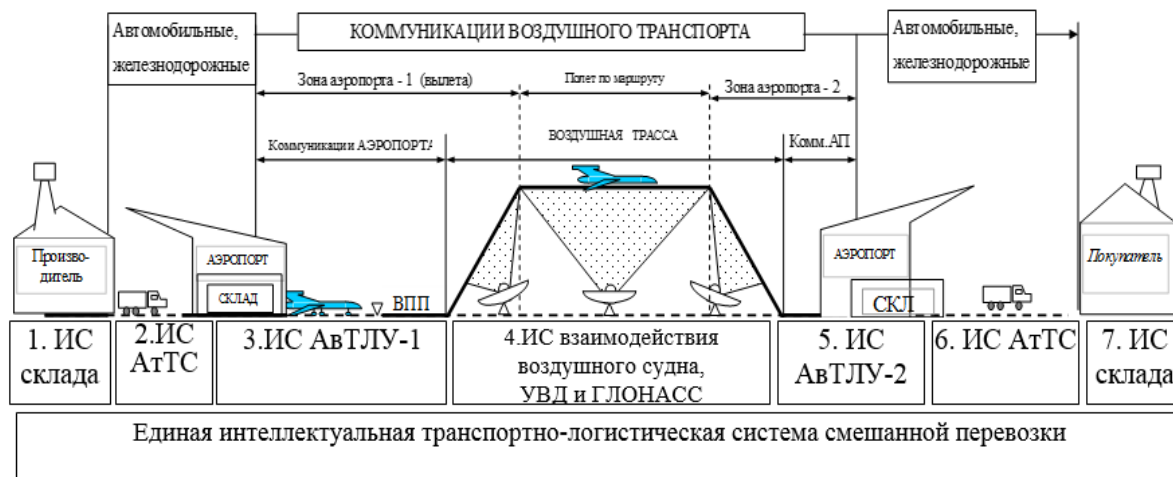


Рисунок 2 – Единая интеллектуальная транспортно-логистическая система смешанной перевозки

Единая интеллектуальная ТЛС СП (рис. 2) состоит из:

1. ИС склада. «Интеллектуальный склад» представляет собой полностью роботизированную технологию хранения грузов, с минимальным участием человека (система управления складом WMS).

2. ИС АтТС. ИС включает инфраструктуру, транспортные средства, участников системы, а также дорожно-транспортное регулирование. В систему «умных дорог» для сбора и обработки данных включают: системы GPS/ГЛОНАСС; детекторы транспортного потока, регистрации количества транспортных средств и т.д.; адаптивные (умные) светофоры; средства фиксации нарушений ПДД; электронные средства безостановочной оплаты проезда; системы автоматизированного управления освещением и другие подключенные объекты.

3. ИС АвТЛУ-1. Интеллектуальное управление при обслуживании на складе, при взаимодействии спецтранспорта в аэропорту, движении по аэродрому и погрузке в самолет.

4. ИС взаимодействия ВС, УВД и ГЛОНАСС. Система интеллектуального управления движением самолета по перрону, взлетно-посадочной полосе, взлётом, полетом по маршруту, посадкой и рулением по аэродрому посадки.

5. ИС АвТЛУ-2. Интеллектуальное управление при взаимодействии ВС в аэропорту при разгрузке и доставке на склад автомобильным транспортом.

6. ИС АтТС. Интеллектуальное управление движением автомобильного транспорта при взаимодействии с коммуникациями, другими участниками движения и средой.

7. ИС склада. Система интеллектуального управления складом и автоматизации складских операций, пополнения запасов на складе потребителя (покупателя).

Использование в производственных процессах современных средств автоматизации, адаптивных систем, навигационных систем, детекторов, гироскопических систем, лазерных средств считывания информации, дает возможность контролировать изменения свойств средств производства и регулировать состояние потоков в ТЛС СП и повышать уровень безопасности. Интеллектуализация транспортно-логистической системы определяет дальнейшее развитие концепции управления цепями поставок (Supply Chain Management) и формирование на рынке транспортных услуг – 5PL-провайдера.

Заключение. Таким образом, рассмотрен концептуальный подход к рассмотрению проблем комплексной безопасности при взаимодействии участников транспортно-логистической системы смешанных перевозок, включая авиационную транспортную систему. Рассмотрена ТЛС СП с учетом комплексной безопасности всех взаимосвязанных и взаимодействующих участников. Рассмотрены основные направления интеллектуализации и транспортно-логистических систем смешанных перевозок, с целью повышения комплексной безопасности и эффективности транспортных процессов, минимизации задержек и повышение условий труда.

#### *Список литературы*

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 г. (утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р)

2. Зайцев Е.Н., Конилова Е.В., Тецлав И.А., Шайдуров И.Г. Комплекс взаимодействия систем «Аэропорт – Авиакомпания - УВД» в системе смешанных перевозок. Вестник Санкт-Петербургского университета гражданской авиации. Под ред. М.Ю. Смурова / Санкт-Петербург: СПбГУ ГА. 2016. С. 101-117.

3. Зайцев Е.Н. Синтез комплексной системы управления смешанными перевозками // СПб: Университет ГА. 2007. 212 с.

4. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю., Комиссаров С.А., Сорокин К.Н. Сети, информация и знания – основные драйверы четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Информация и Космос №1 / Радиотехника и связь. 2016. С. 14-25.

5. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ // Журнал «Информация и космос» 2016. № 3. С. 8-17.

6. Козлов Л. Н., Урличич Ю. М., Циклис Б. Е. О концептуальных подходах формирования и развития интеллектуальных транспортных систем в России // Транспорт Российской Федерации. 2009. № 3-4 (22–23). С. 30-35.

## СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

**Шаталова Наталья Викторовна** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем

**Козьмовский Дмитрий Васильевич** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13

**Борисов Александр Николаевич** – преподаватель кафедры систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

190121, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, д. 3, bor\_fond93@mail.ru

Аннотация. Неотъемлемой частью формирования единого информационного пространства транспортного комплекса Российской Федерации является информатизация транспортной инфраструктуры, которая позволяет повысить эффективность управления транспортным сектором и обеспечить согласованное функционирование всех видов транспорта. Однако ускорение темпа информатизации ставит на первое место проблему обеспечения информационной безопасности. В статье рассмотрены основные современные вызовы информационной безопасности транспортного комплекса Российской Федерации.

Ключевые слова: информационная безопасность, транспортная инфраструктура, транспортные системы, информатизация.

## MODERN CHALLENGES FOR INFORMATION SECURITY OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

*Shatalova Natalya V. – Ph.D., Leading Researcher of Laboratory of the organization of transport systems*

*Koz'movskij Dmitrij V. – Ph.D., Leading Researcher of Laboratory of the organization of transport systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences 12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Borisov Aleksandr N. – teacher, St-Petersburg State Marine Technical University Lotsmanskaja str., 3, St.Petersburg, 190121, Russian Federation, bor\_fond93@mail.ru*

Abstract. An integral part of the formation of a common information space of the transport complex of the Russian Federation is the informatization of the transport infrastructure, which makes it possible to improve the efficiency of the management of the transport sector and ensure the coordinated functioning of all modes of transport. However, the acceleration of the pace of informatization puts the problem of ensuring information security at the forefront. The article considers the main modern challenges of information security of the transport complex of the Russian Federation.

Keywords: Information Security, transport infrastructure, transport systems, informatization

Информатизация транспортной инфраструктуры – постоянный процесс, в результате которого формируется единое информационное пространство транспортного комплекса [1]. Целью информатизации является повышение эффективности управления и экономического регулирования транспортным сектором, поддержка качественного обслуживания, обеспече-

ние безопасности персонала и пассажиров, сохранность материальных ценностей, контроль деятельности всех участников транспортного комплекса.

Единое информационное пространство является неотъемлемой частью единой транспортной системы, обеспечивающей согласованное развитие и функционирование всех видов транспорта с целью максимального удовлетворения транспортных потребностей при минимальных затратах [2].

Чем глубже процесс информатизации, тем более широкие проблемы и задачи возникают по обеспечению информационной безопасности транспортной инфраструктуры [3]. Сложность сопряжения различных систем управления транспорта ведет к рискам роста ошибок взаимодействия систем, неприемлемому времени обработки информации. Непрерывно изменяемое количество составляющих транспортной системы (количество перевозчиков, грузов, пассажиров) затрудняет процесс идентификации участников транспортной системы [4].

Возникают риски потери, нарушения логистики, сроков доставки, проявляются угрозы безопасности функционирования транспортного комплекса. Современные требования к коммуникации и дружелюбности к пассажирам привели к созданию различных систем оповещения и повышения удобства использования транспортного комплекса: текущее положение транспорта, груза на маршруте, заполняемость и расположение пассажиров в транспорте, предназначенном для перевозки, зоны с беспроводными сетями доступа в интернет. Эти системы требуют к себе высокого уровня внимания: необходимо обеспечивать корректность их работы, своевременное исправление возникающих проблем функционирования, обладать большими вычислительными мощностями для обработки большого количества запросов, уметь распознавать вирусные и спам-атаки, выявлять и пресекать попытки взлома системы пользователями.

Сложность обеспечения информационной безопасности транспортного комплекса определяется ограниченным выбором программного обеспечения и информационных систем отечественного производства [5]. Использование зарубежных технологий необходимо ограничивать, так как это подразумевает закупку лицензий на использование продуктов и их техническую поддержку. В современных экономических и политических условиях зависимость от зарубежного программного обеспечения создает дополнительные угрозы информационной безопасности в виде скрытых не декларированных возможностей программного обеспечения. Кроме того, проявляются дополнительные риски эксплуатации таких продуктов, связанные с прекращением поддержки или продажи продукта, резкое изменение ценовой политики и т.д.

Развитие транспортного комплекса и его информатизация подразумевает необходимость расширения вычислительных возможностей. Подобное расширение при использовании зарубежного программного обеспечения потребует больших финансовых затрат, что может существенно ограничить развитие единой транспортной системы.

#### Список литературы

1. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ // Журнал «Информация и космос». 2016. № 3. С. 8-17.
2. Шаталова Н.В. Пространственное развитие России. Транспортный аспект // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. СПб: ИПТ РАН. 2016. С. 354-359.
3. Сильников М.В., Малыгин И.Г., Козьмовский Д.В. Методы мониторинга, контроля и тестирования уровня защищенности и анализа сетевой деятельности пользователей вычислительных сетей в интересах информационной безопасности системы // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2015. № 3(35). С. 78-84.
4. Козьмовский Д.В., Малыгин И.Г. Применение статистического анализа сетевого трафика с использованием байесовского классификатора в интересах безопасности вычисли-



тельных сетей // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2014. № 4. С. 59-64.

5. Борисов А.Н. Реализация имитационной модели движения транспортного динамического объекта в параллельной вычислительной системе // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. СПб: ИПТ РАН. 2016. С. 351-353.

УДК 519.816

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ПОСТРОЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

*Черных Андрей Климентьевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, nataliachernykh@mail.ru*

*Аннотация.* Предложены концептуальные подходы к реализации функций контроля исходной информации и формированию вычислительных траекторий модели, реализующей информационную поддержку выработки решения на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации в регионе, в части касающейся использования транспортной сети этого региона в виде «препроцессоров» – прошитых в процессоре персонального компьютера сервисных программ (модулей), выполняющих преобразования входной информации.

*Ключевые слова:* чрезвычайная ситуация, транспортная сеть, математическая модель, информационная система, вычислительные траектории.

## CONCEPTUAL QUESTIONS OF INFORMATION SUPPORT CREATION MODEL BUILD AND TRANSPORTATION NETWORK USAGE

*Chernykh Andrey K. – Doctor of Engineering, associate professor, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia  
Moskovskiy prospect, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, nataliachernykh@mail.ru*

*Abstract.* Author introduces conceptual methods of implementing methods of controlling information sources and generation of model's computational trajectories, implementing information support to invent a method to eliminate the consequences in the region in the transportation units in the form of “preprocessors” – service programs (modules) flashed into PC processor and transforming input information.

*Keywords:* emergency situation, transportation network, mathematical model, information system, computing trajectories.

В [1] предложен ряд подходов к построению безопасных транспортных сетей в регионах проведения ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Кроме того, в [2] предложена модель, включающая комплекс математических моделей, реализующая информационную поддержку выработки решения на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации в регионе, в части касающейся использования транспортной сети этого региона (далее – модель ИП), которая рекомендована к включению в автоматизированную информационно-управляющую систему РСЧС.

Поэтому, по-нашему мнению, концептуальные вопросы создания теоретических подходов, в части, касающейся, создания программного и информационного обеспечения модели ИП представляют несомненную актуальность и новизну.

Актуальность создания и модернизации подобных информационных систем подтверждается также в работах, посвящённых информационным системам, реализующим информационную поддержку принятия решений на применение сил и средств МЧС [3,4].

Рассмотрим блоки преобразования входной информации «препроцессора» в интересах указанной выше модели (рис. 1).

Основными автоматизированными функциями, которые должны быть реализованы в рамках «препроцессора» являются:

- синтаксический контроль лингвистических переменных, т.е. переменных, значениями которых являются не числа, а слова или предложения естественного или формального языка [5-7];
- семантический контроль переменной информации;
- вывод, в указанном виде, фрагментов входной информации на печатающее устройство;
- цветное визуальное отображение на коллективных средствах отображения электронной информации в составе основного мультимедийного проектора с просветным экраном и вспомогательного мультимедийного проектора с интерактивной доской, экранах мониторов – различных обобщающих таблиц, графиков, гистограмм, мультимедийных фрагментов. Каждое средство визуального отображения фрагментов входной информации модели ИП, представляет собой  $i$ -й тип контроля (рис. 1);
- отображение обстановки в районе проведения мероприятий по ликвидации последствий ЧС на фоне электронных карт;
- настройка входной информации под сконфигурированную структуру расчетных модулей.



Рисунок 1 – Структурная схема «препроцессора»

На рис. 1 семантический контроль переменной информации реализуется в рамках одноименного блока, и по типу информации, выполняет проверку выбранной переменной  $v_i$  либо по зависимости  $v_i^h \leq v_i \leq v_i^g$ , где  $v_i^h$  ( $v_i^g$ ) минимальное (максимальное) возможное значение переменной  $v_i$ , либо по зависимости  $|v_i - b_i| \leq \varepsilon$ , где  $b_i$  – эталонная величина, а  $\varepsilon$  – допустимая степень отклонения входного данного от эталонного значения.

В «препроцессоре», кроме контроля корректности получаемых входных данных, должен выполняться контроль производной информации, т.е. информации имеющей вид аддитивной или мультипликативной свертки входных данных. Например, семантическому

контролю должны подвергаться значения длин колонн подразделений МЧС, выдвигающихся в район проведения мероприятий по ликвидации последствий ЧС, которые формируются с учётом количества автомобилей в них, длин типовых автомобилей и скорости движения колонн на участках автомобильных дорог региона.

Выходные данные этой задачи, сформированные программным путем, достаточно просто могут контролироваться средствами «препроцессора». В случае несоответствия выходных данных требуемым значениям выдается соответствующее сообщение (рис. 2) и, после нажатия кнопки «ОК», выполняется поэлементный контроль исходных данных.

В дальнейшем управление переходит к сервисной программе «препроцессора», которая выдает на экран монитора таблицы с исходными данными в установленных формах. Ошибочные данные необходимо исправить и перейти к контролю последующих производных показателей модели ИП.

Синтаксический контроль в рамках одноименного блока «препроцессора» (рис. 1) сводится к определению возможных областей изменения исходных данных.

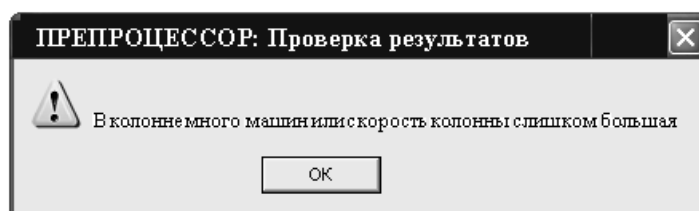


Рисунок 2 – Диагностика ошибочной ситуации

Пусть  $X$  – набор данных, для которых существует допустимое решение на ликвидацию последствий ЧС в регионе, а  $X_0$  – оптимальный набор исходных данных. Для каждого набора данных можно определить задачу синтаксического контроля, т.е. контроля изоморфизма структур решений из множества  $\{Y(X)\}$  как задачу математической устойчивости [8]. Устойчивость для случая изоморфизма структур решений из множества  $\{Y(X)\}$  формулируется следующим образом: если для  $\forall d$ -х суток ликвидации последствий ЧС и  $\forall$  числа  $\varepsilon$ , заданного должностным лицом, осуществляющим реализацию модели ИП, можно указать число  $\delta = \delta(\varepsilon, d)$  такое, что при  $|X - X_0| < \delta(\varepsilon, d)$  будет  $|Y(X) - Y(X_0)| < \varepsilon$  в моменты времени  $t \geq d$  и  $t < d_k$ , где  $d_k$  – последние сутки ликвидации последствий ЧС, то  $X$  – будет являться одним из альтернативных решений.

Расчёт целевой функции для задачи математической устойчивости в рамках процесса ликвидации последствий ЧС позволяет дать простую геометрическую интерпретацию задачи синтаксического контроля (рис. 3). Здесь показана область с одним максимумом для одного из элементов  $x \in X$ , однако в общем случае возможно наличие нескольких максимальных значений.

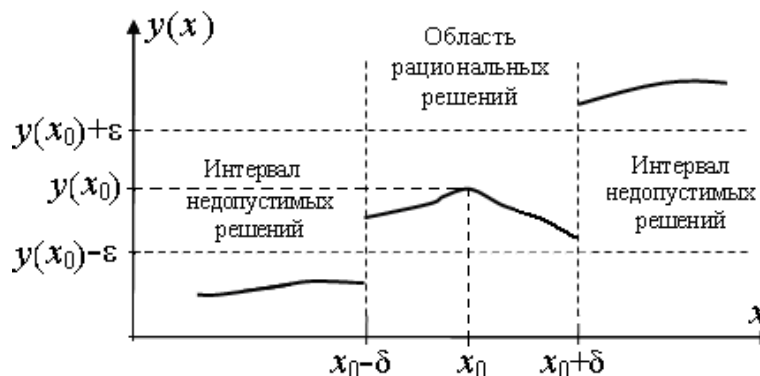


Рисунок 3 – Геометрическая интерпретация задачи синтаксического контроля

Блок подготовки входных данных для контроля  $i$ -го типа преобразует их в формат, позволяющий представить информацию в виде документа, справки, таблицы и т.д. с последующим представлением ее на соответствующем периферийном устройстве локальной вычислительной сети.

Блок настройки информации модели, реализующей информационную поддержку выработки решения на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации в регионе, в части касающейся использования транспортной сети этого региона, является ядром предлагаемого «препроцессора». В нем реализуется принцип «открытости» модели (информационно-управляющей системы). Указанный принцип позволяет наращивать возможности модели ИП за счёт модификации существующих модулей, удаления из модели ИП устаревших модулей и включения в состав модели ИП вновь разработанных модулей. Вторая функция блока связана с необходимостью реализации модели ИП в различных режимах функционирования. Для этого информация преобразуется к виду, который может быть использован при различной последовательности включения модулей в расчётную схему.

Идея здесь заключается в том, что информация для модели ИП преобразуется к виду, который может быть использован при различной конфигурации включения модулей в расчётную схему. Схема автоматизированного формирования конфигурации структуры расчётных модулей в целях последовательного подключения информации, необходимой для решения каждого из расчётных модулей модели ИП, приведена на рис. 4.

В качестве пояснения к рисунку 4 отметим, что связанность модуля  $M_{ij}$  с модулем  $M_0$  (блок 3, рисунок 4) определяется в виде группы равенств вида:  $v_k = w_k \quad k = \overline{\kappa_0, \kappa_n}$  (рис. 5), где  $v_k$  – идентификатор  $k$ -го входного параметра модуля  $M_0$ ;  $w_k$  – идентификатор  $k$ -го выходного параметра модуля  $M_{ij}$ ;  $[\kappa_0, \kappa_n]$  – интервал изменения идентификаторов.

Выбор нового модуля  $M_{ij} \in \{MN\}$  на роль модуля  $M_0$  (блок 11, рис. 4) осуществляется по правилу:  $M_0 = \max_i \{M_{ij} \in \{MN\}\}$ , где  $\{MN\} : M_{ij}, i = \overline{k-1, 1}, j = \overline{1, n}$ ,  $n$  – количество модулей.

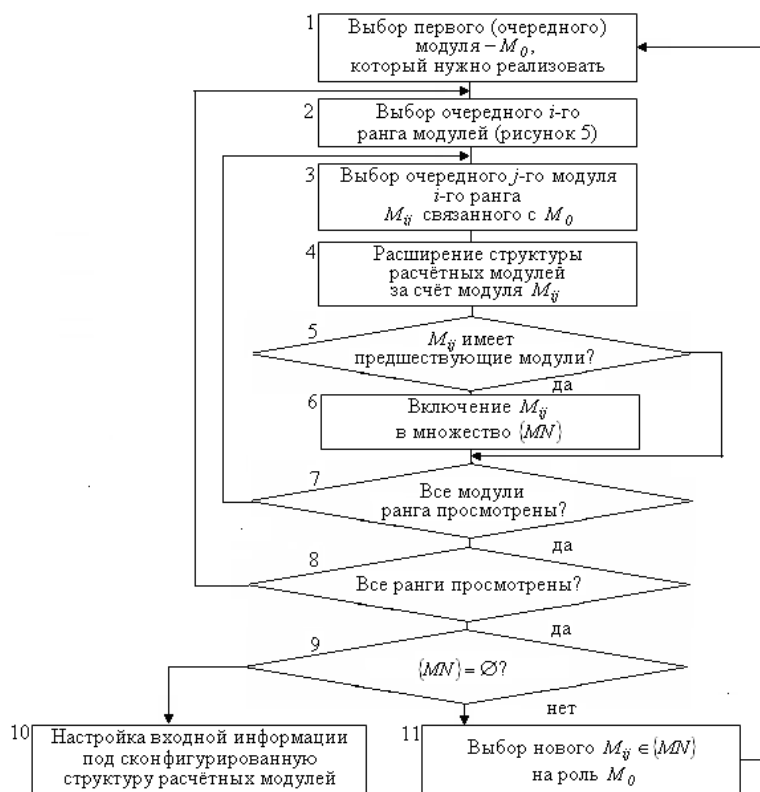
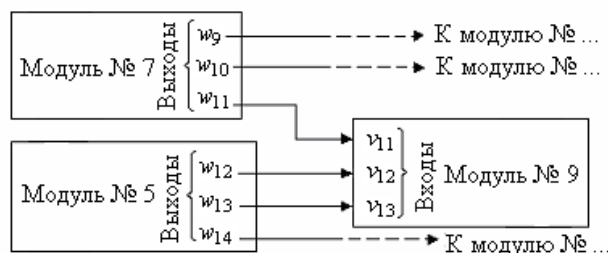
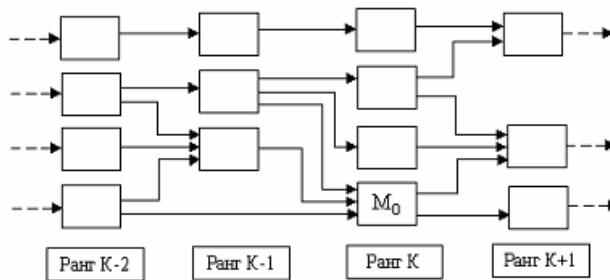


Рисунок 4 – Схема автоматизированного формирования конфигурации структуры расчётных модулей



а) Отношение изоморфизма между входной и выходной информацией модулей



б) Ранжирование модулей

Рисунок 5 – Фрагмент структуры модели ИП

Отметим, что предлагаемые подходы к реализации функций контроля исходной информации и формированию вычислительных траекторий комплекса моделей, осуществляющего информационную поддержку выработки решения на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации на объектах ЧС, в части, касающейся использования транспортной сети региона ЧС, предполагается реализовать в рамках автоматизированной информационно-управляющей системы РСЧС в целях информационной поддержке принятия решений на ликвидацию последствий ЧС в регионе.

#### Список литературы

1. Черных А.К., Вилков В.Б. Управление безопасностью транспортных перевозок при организации материального обеспечения сил и средств МЧС России в условиях чрезвычайной ситуации // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т.25. № 9. С. 52–59. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.09.52-59.
2. Черных А.К. О подходе к оптимизации управления ликвидацией последствий чрезвычайной ситуации на транспорте // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. Санкт-Петербург. 2016. Т. 1. С. 46-53.
3. Asaul A.N., Malygin I.G., Komashinskiy V.I. The Project of Intellectual Multimodal Transport System // Transportation Research Procedia. 12th International Conference «Organization and Traffic Safety Management in Large Cities», SPbOTSIC-2016, 28-30 September 2016, St. Petersburg, Russia. Volume 20. 2017. P. 25-30.
4. Васьков В.Т., Малыгин, И.Г., Плотников Ю.А. Автоматизированная геоинформационная система поддержки принятия решений по управлению оперативными подразделениями пожарной охраны // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2011. № 1(17). С. 58-66.
5. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир. 1976. 38 с.
6. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург. 2005. 725 с.
7. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети, М.: Бином, 2006. 315 с.
8. Зубов В.И. Лекции по теории управления. М.: Наука. 1975. 496 с.

## **КОНЦЕПЦИИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ЕДИНОЕ ОКНО»**

***Володин Алексей Борисович** – кандидат технических наук, заведующий кафедрой управления флотом и автоматизации транспортных процессов  
Московская государственная академия водного транспорта  
117105, Россия, Москва, Новоданиловская наб., д. 2, корп. 1, ab.volodin@mail.ru*

*Аннотация. Предлагаются к рассмотрению концепции формирования единой системы и информационной среды мультимодального технологического взаимодействия различных видов транспорта, грузовладельцев и других участников транспортного процесса, а также таможенных, пограничных и других государственных контрольных органов в форме «единого окна».*

*Предлагается новый подход к созданию автоматизированной информационной системы взаимодействия всех участников транспортного процесса в форме «единого окна» на базе пунктов пропуска через государственную границу с учетом специфики видов транспорта.*

*Ключевые слова: «Единое окно», пункт пропуска, мультимодальный, таможня, пограничный контроль.*

## **CONCEPTS AND DIRECTIONS OF THE DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED INFORMATION SYSTEM «SINGLE WINDOW»**

*Volodin Aleksey B. – Ph.D. (technique), Head of the Department of fleet management and automation of transport processes, Moscow State Academy of Water Transport  
Novodanilovskaya emb., 2/1, Moscow, 117105, Russian Federation, ab.volodin@mail.ru*

*Abstract. The article discusses the concept of a unified system and the information environment of a multimodal process of interaction between different modes of transport, cargo owners and other participants in the transport process, as well as customs, border control and other public bodies in the form of «single window».*

*The author suggests a new approach to creating an automated information system for interaction of all participants of the transport process in the form of a «single window» on the basis of checkpoints across the state border, taking into account the specifics of modes of transport.*

*Keywords: «Single window», check point, multimodal, customs, border control.*

Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года задача создания единой системы и информационной среды мультимодального технологического взаимодействия различных видов транспорта, грузовладельцев и других участников транспортного процесса, а также таможенных, пограничных и других государственных контрольных органов относится к ключевой цели стратегии – формирование единого транспортного пространства России на базе сбалансированного опережающего развития эффективной транспортной инфраструктуры [1].

С помощью единой системы и информационной среды в виде «единого окна» можно значительно упростить и облегчить в интересах торговых предприятий и властей процесс представления и совместного использования необходимой информации в целях выполнения регулирующих требований, касающихся торговли и транспорта. Механизм «единого окна» позволяет усовершенствовать увязку существующих государственных систем и процессов при одновременном стимулировании более открытых и простых методов функционирования государственных органов и их работы с предприятиями. Кроме того, внедрение соответ-

вующей системы платежей в рамках «единого окна» обеспечивает быстрые и четкие выплаты государственным органам и учреждениям причитающихся им пошлин и других сборов. «Единое окно», предполагающее представление новой информации о тарифных ставках и о других нормативно-правовых и процедурных требованиях, позволит сократить непреднамеренные ошибки и повысить степень соблюдения трейдерами установленных условий. В дополнение к этому сбор и согласование необходимой информации и торговой документации с помощью «единого окна» повлекут за собой экономию людских и финансовых ресурсов, позволяя Правительству Российской Федерации переориентировать ресурсы, ранее использовавшиеся для решения административных задач, на выполнение более актуальных и важных функций.

Принципы создания системы заложены в рекомендациях Европейской экономической комиссии ООН № 25 «Использование стандарта организации объединенных наций для электронного обмена данными в управлении, торговле и на транспорте (ЭДИФАКТ ООН)» 1996 года, № 18 «Меры по упрощению процедур международной торговли» 2001 года и № 33 «Создание механизма «единого окна» 2005 года.

Концепция «единого окна» подразумевает механизм, который позволяет сторонам, участвующим в торговых и транспортных операциях, представлять стандартизованную информацию и документы с использованием единого пропускного канала в целях выполнения всех регулирующих требований, касающихся импорта, экспорта и транзита.

Рекомендациями ЕЭК ООН № 33 «Создание механизма «единого окна» предусматриваются три основные модели для создания механизма «единого окна» базирующиеся на: едином органе, единой автоматизированной системе для сбора и распространения информации и автоматизированной информационно-операционной системе.

Единый орган, который получает информацию в бумажной или электронной форме, распространяет эту информацию среди всех соответствующих государственных органов и координирует меры контроля в целях предупреждения возникновения ненужных препятствий в логистической цепочке (рис. 1) [2].

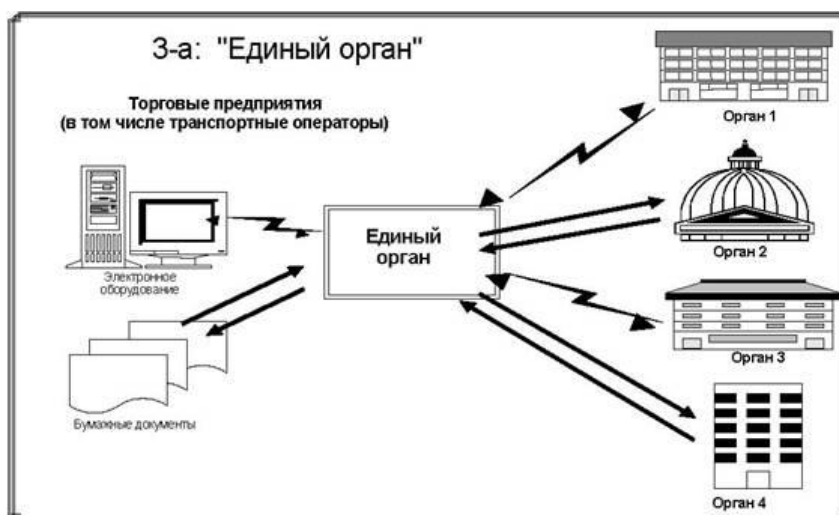


Рисунок 1 – Единый орган получения, распространения и координации информации

Например, в рамках шведского механизма «единого окна» таможня выполняет отдельные задачи от имени некоторых органов (главным образом для Национального налогового управления (НДС по импорту), Статистического управления Швеции (торговая статистика), Совета по сельскому хозяйству Швеции и Национального совета по торговле (лицензирование импорта)).

Единая автоматизированная система для сбора и распространения информации (государственная или частная), в рамках которой интегрированы процессы электронного сбора, использования и распространения (и хранения) данных, касающихся трансграничной торговли. Например, в Соединенных Штатах разработана программа, в соответствии с которой

трейдеры могут представлять стандартные данные только один раз, а система обрабатывает и препровождает эти данные учреждениям, заинтересованным в той или иной сделке. Существуют различные возможности:

- интегрированная система (рис. 2): данные обрабатываются в рамках системы;



Рисунок 2 – Единая автоматизированная система

- интерфейсная система (децентрализованная): данные направляются соответствующему учреждению для обработки;
- комбинация интегрированной и интерфейсной систем [2].

Автоматизированная информационно-операционная система (рис. 3), с помощью которой трейдер может представлять электронные торговые декларации различным органам для обработки и подтверждения методом однократной записи [2].



Рисунок 3 – Автоматизированная информационно-операционная система

При этом подходе подтверждения передаются в электронном виде от государственных органов на компьютер трейдера. Такая система используется в Сингапуре и Маврикии. Кроме того, в сингапурской системе сборы, налоги и пошлины исчисляются автоматически и списываются с банковских счетов торговых предприятий. В контексте создания подобного рода системы следует учитывать фактор использования основного набора данных, включающего в себя конкретные идентификационные параметры, которые заблаговременно в предварительном порядке определены и апробированы для всех соответствующих операций.

В разных странах в зависимости от правовых, политических или организационных условий могут быть выбраны различные учреждения, призванные руководить процессом соз-



дания и функционирования механизма «единого окна». Функцию головного учреждения должна выполнять очень авторитетная организация, располагающая необходимой стратегией, (законными) полномочиями, политической поддержкой, финансовыми и людскими ресурсами и имеющая тесные связи с другими профильными организациями.

В Российской Федерации также проводится ряд работ, направленных на создание автоматизированной информационной системы «единое окно».

Работы по созданию в России «единого окна» начались в 2006 году с НИОКР ФТС России «Межведомственная интегрированная автоматизированная система автомобильного пункта пропуска», в результате которой появилось техническое задание и технический проект на «МИАС АПП».

В 2008 году по заказу Минтранса России была выполнена НИОКР «Разработка системы информационного взаимодействия в морском порту». В рамках данной работы были разработаны концепция, техническое задание и технический проект «СИВ МП». Создаваемая система должна была обеспечивать интеграцию информационных систем организаций, осуществляющих деятельность на территории морского порта, государственных учреждений, выполняющих контрольные функции в морском порту, а также информационный обмен с зарубежными транспортными узлами и международными системами обмена информацией о перевозках.

«СИВ МП» дальнейшего развития так и не получил. Однако, в соответствии с приказом Минтранса России № 140 от 20.08.2009 «Об утверждении Общих правил плавания и стоянки судов в морских портах Российской Федерации и на подходах к ним», был разработан и начал функционирование информационный ресурс в сети интернет «Регистрация захода и отхода судов в морских портах Российской Федерации» ([portcall.marinet.ru](http://portcall.marinet.ru)) информационной системы государственного портового контроля. [Portcall.marinet.ru](http://Portcall.marinet.ru) является частью создаваемой системы АСУ МоРе.

В целях системного решения вопроса Правительством Российской Федерации, распоряжением от 04.05.2008 № 622-р, была одобрена разработанная Минкомсвязи России «Концепция создания межведомственной интегрированной автоматизированной информационной системы федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих контроль в пунктах пропуска через Государственную границу Российской Федерации» (МИАИС).

Концепцией МИАИС предусмотрено обеспечить решение следующих задач:

- организация работы контрольных органов по принципам «одного окна» (однократное представление информации о пассажирах и товарах) и «одной остановки» (интегрированный государственный контроль);
- перевод в электронную форму межведомственного документооборота;
- обеспечение информационного взаимодействия контрольных органов за счет применения информационных и телекоммуникационных технологий и использования имеющих юридическую силу документов, передаваемых в электронной форме;
- обеспечение защиты информации в соответствии с законодательством Российской Федерации.

По замыслу разработчиков концепции МИАИС информационно-технологическая архитектура межведомственной системы включает в себя:

- интеграционный сегмент, содержащий компоненты, обеспечивающие информационное взаимодействие ведомственных автоматизированных информационных систем;
- ведомственные сегменты контрольных органов;
- сегмент пункта пропуска через Государственную границу Российской Федерации.

В настоящее время разработаны только техническое задание и технический проект МИАИС.

Однако дальнейшего развития указанные выше работы не получили, так как не обеспечивалась возможность совершения юридически значимых действий в рамках единой системы, сопровождающих движения транспортного средства и груза по всей логистической цепочке.

В 2010 году Правительственной комиссией по транспорту и связи было принято решение о внедрении в России стандарта «e-freight» для электронного оформления и сопровождения грузовых авиаперевозок. Минтранс России также проведена соответствующая НИР. «E-freight» - международный стандарт безбумажного оформления и сопровождения грузовых воздушных перевозок, рекомендованный Международной ассоциацией воздушного транспорта (IATA).

В 2013 году в целях реализации Дорожной карты «Совершенствование таможенного администрирования», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.06.2012 № 1125-р, для внедрения информационного электронного взаимодействия с таможенными органами и применении в России принципов «единого окна» ФТС России был запущен новый проект «Портал «Морской порт». По заказу ФТС России проведена разработка прототипа единой платформы информационного взаимодействия контрольных органов и заинтересованных лиц в морских пунктах пропуска, задачей которой является создание общих принципов информационного взаимодействия государственных органов и всех заинтересованных участников бизнес-процессов в морских портах.

Необходимо отметить, что разрабатываемые ранее и в настоящее время системы решают только ведомственные задачи в отдельных отраслях при отсутствии единой концепции, общей координации работ и без участия субъектов транспортного и внешнеэкономического сообществ, что неизбежно приводит к дублированию отдельных действий и неэффективному расходованию бюджетных средств, отдаляя при этом цель – формирование «единого окна».

Очевидно, что создание подобной АИС весьма не простая задача. АИС «единое окно» в России в целях удовлетворения всех потребностей и ожиданий государства и бизнеса должна обеспечивать обработку информационных потоков как для упрощения внешнеторговых сделок, так и для упрощения сопутствующих операций на транспорте.

В первом случае, мы имеем дело с информационным обменом документов между внешнеторговыми агентами – трейдерами и таможенной, а также другими органами власти (санитарно-карантинными, ветеринарными и др.), а во втором случае – с информационным обменом между перевозчиками, портами, агентами и пограничными, таможенными и другими государственными органами исполнительной власти.

Кроме того, в настоящее время, наиболее уязвимым звеном в создаваемой системе являются пункты пропуска через государственную границу.

Пункты пропуска через государственную границу представляют собой совокупность технологически увязанных с транспортными объектами современных специализированных систем, позволяющих осуществлять государственный контроль (таможенный, пограничный, ветеринарный, фитосанитарный, санитарно-карантинный, транспортный) на границе в целях обеспечения безопасности общества и государства [3].

Для проведения государственного контроля в пунктах пропуска создаются 19 систем различного назначения:

- а) паспортного (пограничного) контроля;
- б) бесконтактного измерения температуры тела лиц;
- в) осмотра (досмотра) багажа и ручной клади;
- г) осмотра (досмотра) транспортных средств и товаров;
- д) электронного учета автотранспортных средств;
- е) автоматического (поосного) определения весовых параметров и габаритных размеров автотранспортных средств;
- ж) радиационного контроля;
- з) обнаружения оружия, наркотиков и других товаров, запрещенных к ввозу, вывозу;
- и) связи;
- к) телевизионного (видео) наблюдения;
- л) пожарной сигнализации;
- м) инженерных средств охраны, контроля доступом и охранной сигнализации;
- н) интегрированная информационная система;

- о) управления эксплуатацией зданий и сооружений;
- п) сбора и утилизации биологических отходов;
- р) очистки и дезинфекции транспортных средств;
- с) обеззараживания подкарантинной продукции;
- т) часофикации;
- у) резервного электропитания.

В пункте пропуска также предусматриваются:

- а) рабочие места для проведения государственного контроля;
- б) служебные помещения подразделения пограничного органа;
- в) служебные помещения подразделения таможенного органа;
- г) помещение для проведения личного досмотра лиц;
- д) служебные помещения для размещения санитарно-карантинного пункта (СКП), пограничного контрольного ветеринарного пункта (ПКВП) и пограничного пункта по карантину растений (фитосанитарного контрольного поста) (ППКР (ФКП));
- е) специальные помещения СКП, ПКВП, ППКР (ФКП) и поста транспортного контроля;
- ж) лаборатории и изоляторы СКП, ПКВП, ППКР (ФКП);
- з) залы для пассажиров с санитарно-бытовыми условиями для временного пребывания на период проведения контроля;
- и) зал для официальных встреч;
- к) помещения для хранения оружия;
- л) помещения для размещения серверных, узлов связи;
- м) помещения для приема пищи и отдыха;
- н) санитарные узлы;
- и) помещения (вольеры) для содержания служебных собак;
- к) помещения для системы электропитания и резервного электропитания [4].

В этой связи полагаем, что концептуально система АИС «единое окно» в России может быть построена в виде автоматизированной информационно-операционной системы, следующим образом (рис.4).

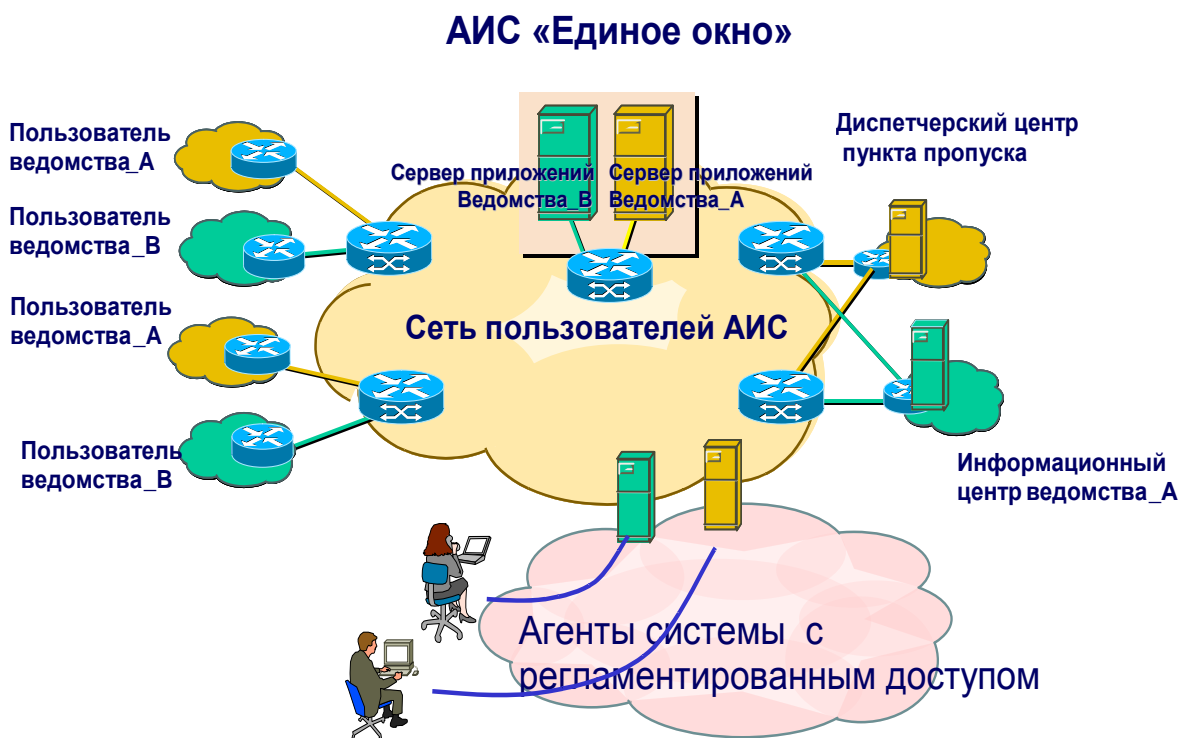


Рисунок 4 – Концепция АИС «Единое окно»

Первым уровнем системы являются регуляторы – федеральные органы исполнительной власти, нормативно влияющие на осуществление внешнеторговой сделки, транспортные процессы и пересечение границы и осуществляющие регулирование системы.

Вторым уровнем системы являются структурные подразделения регуляторов (в виде подчиненных учреждений, территориальных органов и т.п.) – непосредственно принимающие и обрабатывающие соответствующие заявки от агентов системы на совершение тех или иных операций (пропуск через границу транспортного средства и груза, подача таможенной декларации, уплата платежей, сборов и т.п.).

Третьим уровнем системы являются агенты системы – перевозчики, экспедиторы, трейдеры, производители товаров, операторы портов и аэропортов, которые направляют в систему соответствующие запросы для совершения тех или иных предусмотренных законодательством операций (подача таможенной декларации, открытие границы, уплата портовых сборов и т.п.).

Увязка всех видов транспорта, логистических операторов, торговых организаций и государственных структур на одной информационной платформе позволит добиться не только целей построения «единого окна», но и создания единой автоматизированной системы мониторинга пунктов пропуска через государственную границу.

Структуру АИС «единое окно» целесообразно компоновать из функциональных подсистем по видам международных сообщений по принципу – «единое окно» в каждом пункте пропуска:

- подсистема «морской (речной) пункт пропуска»;
- подсистема «воздушный пункт пропуска»;
- подсистема «железнодорожный пункт пропуска»;
- подсистема «автомобильный пункт пропуска»;
- подсистема «место пересечения границы» (для упрощенных мест пересечения границы, трубопроводов) [5].

Подсистема на уровне конкретного пункта пропуска должна обеспечивать не только возможность подачи информации в виде электронного документа (сообщения) и ее диспетчеризации, но и другие специальные функции, в том числе такие как:

- информационное взаимодействие с существующими информационными системами государственных контрольных органов;
- коммутация с информационными системами транспортных, торговых и других организаций на основе единых проформ документов и стандартизированных сообщений;
- формирование единого для второго и третьего уровней системы (территориальные органы и агенты) диспетчерского плана – графика обработки и обслуживания транспортных средств (в портах, аэропортах, ж/д станциях) и пропуска их через государственную границу;
- расчет и уплата пошлин, сборов, налогов, других платежей [1,5].

Важным фактором, обеспечивающим работоспособность данной системы должны стать единые стандартные формы предоставления информации и документы, сопряженные с формами предоставления информации в других государствах.

Кроме того, целесообразно осуществить модернизацию инфраструктуры пунктов пропуска. Только 20% пунктов пропуска соответствуют требованиям Таможенного союза и действующим нормативным документам [4].

Ключевыми индикаторами эффективности на уровне пункта пропуска могут стать: время, затрачиваемое на пропуск через государственную границу одного транспортного средства, одного пассажира, время на выпуск товара в свободное обращение, объем платежей в бюджет, объем портовых сборов.

Ключевым индикатором на макро-уровне может стать индикатор «Международная торговля», рассчитываемый к ежегодному исследованию Всемирного банка «Doing Business».

### Список литературы

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года (Утв. Распоряжением Правительства РФ № 1032-р от 11.06.2014). М.: 2014.
2. Создание механизма «единого окна» / Рекомендация Европейской экономической комиссии ООН № 33. Женева: 2005.
3. Володин А.Б. Совершенствование функционирования пунктов пропуска через государственную границу, расположенных в морских и речных портах: Дис. ... канд. техн. наук. М. 2007. 74 с.
4. Володин А.Б. Совершенствование организации проектирования пунктов пропуска через государственную границу // Бюллетень транспортной информации. М.: 2015. № 11(245). С. 3-7.
5. Володин А.Б. Галай А.Г. Подходы к созданию автоматизированной информационной системы «единое окно» // Бюллетень транспортной информации. М.: 2015. № 5 (239). С. 12-16.
6. Бормотова Е.Г. Липатова Н.Г. Шипилов Д.Б. Таможенный контроль в морском пункте пропуска с использованием механизма «Единого окна» // Вестник Российской таможенной академии. М.: 2015. № 2 (31). С. 75-80.
7. Варгуниин В.И. Шишкина С.Н. «Единое окно» как фундаментальная основа упрощения пересечения границ и оформления пропуска импорта, экспорта и транзита // Наука и образование транспорту. Самара: 2013. № 1. С. 68-69.
8. Коростелев В.Ю. Реализация механизма «Единого окна» – необходимое условие конкурентоспособности российских портов // Транспорт Российской Федерации. СПб: 2010. № 2 (27). С. 42-44.

УДК 656.078.1

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВИАПРЕДПРИЯТИЙ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИТ-РЕШЕНИЙ

*Головченко Глеб Валентинович – Управляющий директор  
АО «Региональный информационно-вычислительный центр "Пулково"  
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 24, g.golovchenko@rivc-pulkovo.ru*

*Аннотация.* Рассмотрены основные тенденции развития ИТ-систем при управлении производственными процессами в авиационной отрасли. Определены проблемы внедрения ИТ-систем и пути их решения с учетом требований авиакомпаний и аэропортов по производственно-экономическим показателям.

*Ключевые слова:* ИТ-система, аэропорт, авиакомпания.

## INCREASE OF INDUSTRIAL AND ECONOMIC INDICATORS OF AIRCRAFT ENTERPRISES FOR THE ACCOUNT OF INTRODUCING MODERN IT-SOLUTIONS

*Golovchenko Gleb V. – Managing Director of JSC RIVC-Pulkovo, RIVC-Pulkovo JSC  
Pilotov str., 24, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, g.golovchenko@rivc-pulkovo.ru*

*Abstract.* Article the main tendencies of development of IT-systems at management of industrial processes in aviation branch are considered. The problems of implementing IT-systems and ways to solve them are determined, taking into account the requirements of airlines and airports for production and economic indicators.

*Keywords: IT-system, airport, airline.*

На сегодняшний день многие аэропорты имеют различные программные продукты, которые в том или ином объеме решают их текущие задачи. Многие проекты были реализованы еще в начале и середине 2000-ых годов, когда происходил «бум автоматизации». В эти годы наша страна стала выходить из кризиса девяностых, появились свободные финансы и в тоже время руководители предприятий стали понимать необходимость использования программных продуктов для решения каждодневных задач. Крупные авиапредприятия, которые в основном сосредоточены в Московском авиационном узле (МАУ), с большим энтузиазмом принялись изучать иностранный опыт – красочные презентации, зарубежные командировки, реализация крупных и дорогих проектов. Более скромные авиапредприятия были охвачены несколькими отечественными программистами-энтузиастами, которые организовали свои небольшие IT-компании и предлагали клиентам за весьма скромные деньги свои программные продукты.

Но как обычно бывает – после окончания бурных лет происходит переоценка ценностей. Когда каждое авиапредприятие решило свои обязательные задачи, кто-то задумался над модернизацией технологий, кто-то над расширением функциональных возможностей, а некоторые и над полной сменой IT-курса. Многие проекты, которые на старте казались очень интересными и успешными, перестали такими быть в процессе ежедневной эксплуатации. Построить в чистом поле завод не так сложно, как заставить его работать и быть эффективным каждый день на протяжении многих лет. Точно так же и с IT-проектами – необходимо большое внимание уделять не только старту и запуску проекта, но и постоянному совершенствованию технологий, программных продуктов и принципов работы.

На сегодняшний день большинство авиапредприятий сталкивается с банальными проблемами:

- хранение и обработка данных на бумажных носителях;
- разрозненное хранение информации;
- затрудненный контроль оперативных процессов;
- передаточные звенья;
- неоднократный ввод одинаковой информации;
- локальные системы;
- отсутствие интеграций между системами.

Без решения данных проблем невозможно даже говорить о внедрении инновационных решений. Поэтому сейчас необходимо сосредоточить максимум усилий на автоматизации основных производственных процессов, тем более что на рынке присутствуют достойные отечественные продукты.

Внедрение новых программных продуктов это всегда работа и Поставщика, и Заказчика. Здесь необходимо четко понимать, что сами собой новые, даже самые продвинутые, технологии не начнут работать. На этапе запуска новых проектов необходима точная постановка задачи, формирование работоспособной команды и постоянное управление процессами внедрения.

Основными ошибками при внедрении IT-систем могут быть:

- отсутствие точной постановки задачи;
- решение локальных проблем;
- выбор коробочных решений;
- слабое управление проектом;
- вера в бренд;
- долгострой.

Проведенное в 2017 году РИВЦ-Пулково аналитическое исследование показало постоянно повышающийся интерес аэропортов к внедрению новых решений, направленных на повышение качества обслуживания и оптимизацию бизнес-процессов обслуживания пассажиров и воздушных судов (рис. 1).

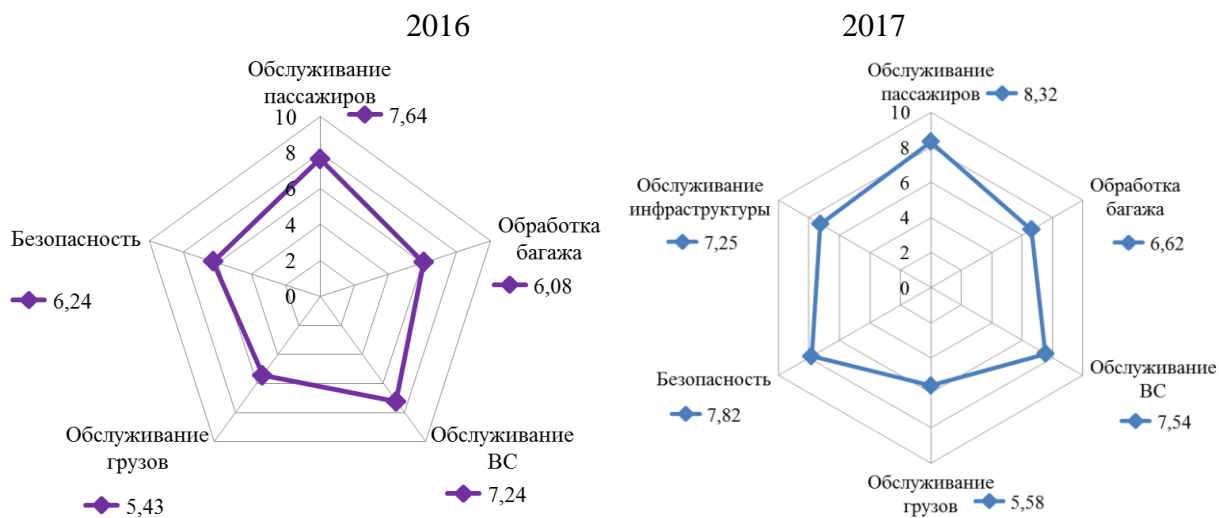


Рисунок 1 – Приоритеты применения новых IT-решений в 2016 и 2017 годы

На 2018 год многие аэропорты закладывают значительные средства для внедрения новых и модернизации текущих систем информирования пассажиров. Это связано, как с новыми решениями по взаимодействию с пассажирами, так и с новыми требованиями по качеству информирования. Так в 2017 году более 15% опрошенных аэропортов отметили важность информирования пассажиров на трех языках – русском, английском и китайском.

Кроме систем информирования также будут реализовываться проекты по мониторингу трансферных потоков, эффективному использованию ресурсов, внедрению систем совместного принятия решения (A-CDM) и другие (рис. 2).



Рисунок 2 – Приоритетные направления развития IT-систем для авиапредприятий

Несмотря на большие возможности современных смартфонов и доступность интернета, мобильные решения пока мало применяются в производственных процессах авиапредприятий. Большинство аэропортов используют мобильные рабочие места лишь для небольшой группы сотрудников – диспетчеров перронного контроля (супервайзеров). В тоже время

сейчас на рынке присутствуют недорогие и функциональные решения отечественного производства. Лидером на рынке являются решения компании РИВЦ-Пулково, которая предлагает комплексные автоматизированные системы для аэропортов, авиакомпаний и других организаций воздушного транспорта. Флагманский продукт для Аэропортов – система КОБРА уже внедрена более чем в 25 аэропортах России и странах ближнего зарубежья.

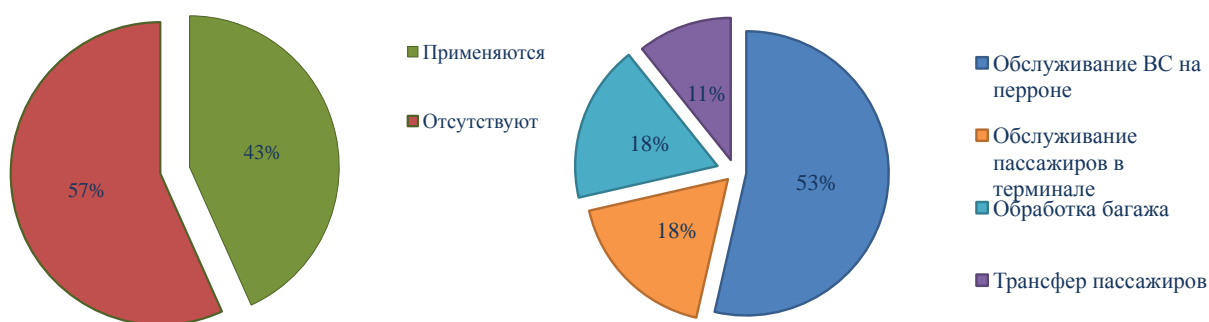


Рисунок 3 – Диаграмма применения IT-систем в производственных процессах авиационной отрасли

В составе системы есть целая линейка мобильных рабочих мест, которые позволяют автоматизировать работу сотрудников наземных служб, службы авиационной безопасности, службы пассажирских перевозок и других. В 2017 году новые мобильные решения уже внедрены в аэропорте Петропавловск-Камчатский и авиакомпании Россия.

#### Список литературы

1. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Керне. М.: изд-во «Радио и связь». 1991.
2. Головченко Г.В. Автоматизация информативно-управляющих процессов в организационно-экономической системе авиапредприятия с помощью активной ПУС / Г.В. Головченко, М.Ю. Смуров, Н.Н. Сухих. М.: Транспорт РФ. 2014. № 6 (55). С. 35-38.
3. Автоматизация производственной и финансово-экономической деятельности предприятий гражданской авиации: учебное пособие / Г.В. Головченко, А.В. Губенко, Э.И. Махареv, М.Ю. Смуров / М.: Спутник. 2016. 348 с.
4. Махареv Э.И. и др. Расписание, тарифы и сборы в Системе взаиморасчетов на воздушном транспорте : учебное пособие для вузов / Под ред. Э.И. Махареv, Ю.В. Нестерова. М.: ТИД «Студент». 2015. 511 с.

УДК 629.7.051

## СИСТЕМА СВЯЗИ, НАВИГАЦИИ И НАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

**Рубцов Евгений Андреевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных систем

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации»

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, rubtsov.spb.guga@rambler.ru

**Соболев Евгений Владимирович** – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры радиоэлектронных систем

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, sobolev061649@yandex.ru



**Григорьев Сергей Васильевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиоэлектронных систем

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38

***Аннотация.** Рассматривается возможность применения существующей системы связи, навигации и наблюдения для обеспечения полетов беспилотных воздушных судов. Делается вывод о том, что существующая система не справится с возросшим числом участников воздушного движения. Предлагается создать новую систему связи, навигации и наблюдения, основанную на применении опорных станций.*

***Ключевые слова:** связь, навигация, наблюдение, беспилотное воздушное судно, беспилотные авиационные системы.*

## COMMUNICATION, NAVIGATION AND SERVEILANCE SYSTEM FOR UNMANNED AIRCRAFT

*Rubtsov Evgeny A. – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Radio electronic systems, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, rubtsov.spb.guga@rambler.ru*

*Sobolev Evgeny V. – PhD in Engineering, Professor, Department of Radio electronic systems, Saint- Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, sobolev061649@yandex.ru*

*Grigoriev Sergey V. – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Radio electronic systems, Saint- Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation,*

***Abstract.** The article considers the possibility of using the existing system of communication, navigation and surveillance for flight support of unmanned aircraft. Concluded that the existing system will not cope with the increased air traffic. Proposed to create a new system of communication, navigation and observation, based on the use of reference stations.*

***Keywords:** communication, navigation, surveillance, unmanned aircraft, unmanned aerial systems.*

Развитие беспилотных авиационных систем (БАС) неизбежно приведет к необходимости выполнения полетов в общем воздушном пространстве. Если в настоящее время беспилотные воздушные суда (БВС), в силу малых размеров и специфики выполняемых задач совершают полеты в закрытом воздушном пространстве и на малых высотах, то в будущем, с ростом эксплуатационных характеристик БВС, потребуется обеспечивать совместные полеты пилотируемой и беспилотной авиации [1]. Также можно прогнозировать стремительный рост числа участников воздушного движения, и актуальность приобретает вопрос, справится ли с этим существующая система связи, навигации и наблюдения и потребуется ли создание новой системы, удовлетворяющей потребности пользователей БАС [2].

### Существующая система связи, навигации и наблюдения гражданской авиации

Традиционно задачи обеспечения связи, навигации и наблюдения решаются отдельными средствами и системами. Связь «диспетчер-пилот» обеспечивают приемники, передатчики и радиостанции ОВЧ и ВЧ диапазонов, автономные радиотрансляторы, автоматизированные приеме-передающие центры и др. В настоящее время передача информации между диспетчером и пилотом осуществляется посредством голосовых команд. Аналоговые средства обладают ограниченной зоной действия и относительно небольшой рабочей областью [3]. Недостаток средств цифровой радиосвязи состоит в низкой скорости передачи: по линии VDL2 обеспечивается скорость 32 кб/с, по линии VDL4 – 19,2 кб/с [4]. Пропускная способность для существующей интенсивности вполне достаточная, однако при увеличении коли-

чества ВС на несколько десятков процентов в год за счет ввода БВС, характеристики существующей системы связи окажутся недостаточными.

Основным средством навигации современных ВС является инерциальная навигационная система (ИНС), которая корректируется с помощью позиционных средств навигации: отдельных приводных радиостанций, радиомаяков азимутальных (VOR) и дальномерных (DME), радиотехнических систем ближней навигации. Развитие спутниковых систем навигации в России происходит довольно медленно. Это связано с тем, что авиакомпании эксплуатируют ВС зарубежного производства, оснащенные аппаратурой GPS, применение которой в воздушном пространстве России ограничено действующим законодательством. Ситуацию исправит постепенный переход на отечественные ВС, оснащенные аппаратурой ГЛОНАСС. Недостатком традиционных систем навигации является относительно низкая точность определения координат, а также пропускная способность маяка DME, ограниченная 100 ВС [4].

Авиационное наблюдение обеспечивается обзорными радиолокаторами: аэродромными и трассовыми. Автоматические радиопеленгаторы позволяют определить только один параметр – азимут, поэтому они относятся к вспомогательным средствам наблюдения, однако на региональных аэродромах с малой интенсивностью пеленгатор может выступать как основное средство. К перспективным средствам также можно отнести многопозиционные системы наблюдения и автоматическое зависимое наблюдение (АЗН). Наземные станции АЗН обладают невысокой стоимостью, поэтому в будущем эта система рассматривается как основная система наблюдения, которая должна сменить радиолокационные станции. Дальность действия АЗН ограничивается дальностью прямой радиовидимости при использовании линий передачи данных VDL4 и 1090ES. Разрабатывается вариант применения спутниковых линий передачи, например, с применением системы Iridium Next [4].

Пропускная способность АЗН ограничивается пропускной способностью каналов связи, которая в свою очередь зависит от периода обновления информации и длины сообщений. При передаче стандартного сообщения с периодом 10 с, одна наземная станция АЗН может обслужить порядка 1500 ВС. Для периода обновления информации 1 с максимальное число обслуживаемых ВС сократится до 150. Если же учесть необходимость периодической передачи полного сообщения АЗН, а также применения различных сервисов (ADS-R, TIS-B, FIS-B), то реальная пропускная способность станции окажется чуть более 100 ВС, что ненамного превышает возможности современных радиолокационных комплексов [5].

Как видно из краткого анализа, основной недостаток существующей системы связи, навигации и наблюдения состоит в точностных характеристиках измерительных систем (VOR/DME, ОРЛ, АРП и др.), что приводит к необходимости увеличения норм горизонтального эшелонирования, а также в ограниченной пропускной способности (для современных систем 100-150 ВС). При стремительном увеличении количества участников воздушного движения возможности существующей системы будут исчерпаны и темпы развития авиации замедлятся. Для устранения этой проблемы потребуется новая система связи, навигации и наблюдения.

#### Перспективная система связи, навигации и наблюдения для БВС

Перспективная система связи, навигации и наблюдения должна полностью соответствовать требованиям международных документов: PBN, RCP, RSP и др., в том числе требованиям к целостности, непрерывности и готовности систем [4,5].

БВС, совершающие полет в общем воздушном пространстве должны выполнять все требования, касающиеся безопасности полетов, в том числе требования по составу бортового комплекса. Должен быть принят минимальный перечень оборудования, включающий: TCAS, аппаратуру навигации, аппаратуру наблюдения, аппаратуру связи, которая обеспечивает обмен данными не только между БВС и станцией внешнего пилота, но и между станцией внешнего пилота и центром ОВД (с возможностью последующей передачи сообщений экипажам пилотируемых ВС). Из традиционных систем, на борту БВС обязательно должна присутствовать TCAS. Остальные системы могут отличаться от существующих. Это возможно по причине того, что прямой обмен данными с БВС будет вести только станция внешнего

пилота, и уже от нее информацию будут получать экипажи пилотируемых ВС и диспетчера УВД.

Общие принципы построения новой системы должны включать: обеспечение высокой точности определения местоположения БВС с малым периодом обновления информации и высокой пропускной способности, глубокую интеграцию систем связи, навигации и наблюдения. Также необходимо предусмотреть два канала для каждой системы (особую сложность это вызовет при обеспечении требуемой точности и надежности навигации, поскольку из-за размеров и стоимости инерциальных систем, их будет сложно, а часто и невозможно разместить на БВС). Наконец, третье требование состоит в создании безразрывных радиополей, с двух- и трехкратным перекрытием в районах, требующих обеспечения повышенных требований.

В отличие от традиционного метода решения задачи обеспечения связи, навигации и наблюдения, новая система должна строиться на едином базисе. В качестве основы целесообразно принять принцип, применяемый в мобильных сетях связи, т.е. необходимо создание сети опорных станций, обеспечивающих связь между БВС и станцией внешнего пилота. Такие опорные станции могут иметь как наземное, так и космическое базирование. Последний вариант предпочтителен, однако требует значительных затрат на запуск группировки низкоорбитальных спутников.

В современных экономических и технологических реалиях ставку все же необходимо будет сделать на наземных станциях. Для обмена данными предполагается применять два радиоканала диапазонов УВЧ и ОВЧ. Средства декаметрового диапазона, вследствие больших габаритов, массы и мощности, применять на БВС не целесообразно.

Для обмена видеоданными, фотографиями высокого разрешения и другой информацией, можно применять средства связи СВЧ диапазона, а также инфракрасного и оптического. Однако стоит помнить, что дальность действия таких средств будет относительно мала (десятки километров) и будет зависеть от метеословий.

Требуемый уровень перекрытия воздушного пространства радиосвязным полем определяется количеством и размещением опорных станций.

Навигация БВС будет осуществляться с помощью глобальных навигационных спутниковых систем, а также методами позиционирования по сигналам опорных станций. Путем комплексирования полученной координатной информации на борту БВС достигается требуемая точность и надежность. Наблюдение за БВС будет осуществляться методами АЗН, а также методами позиционирования (дальномерным и разностно-дальномерным). Применение систем вторичной радиолокации ограничит увеличение парка БВС, вследствие перегруженности каналов VDL4 и 1090ES. Определять местоположение БВС методами первичной радиолокации нецелесообразно вследствие малой эффективной площади рассеяния, поэтому для беспилотных авиационных систем необходимо отдавать преимущество методам АЗН.

Количество опорных станций определяется по характеристикам самой требовательной системы, т.е. системы навигации. Для систем наблюдения и связи будет иметься избыточность, которая положительно скажется на надежности.

**Заключение.** Основные достоинства предлагаемой системы состоят в высокой точности и надежности, высокой частоте обновления информации и высокой пропускной способности. Эти характеристики обусловлены схемой построения и функционирования системы, в основе которой лежит сеть опорных станций наземного или космического базирования. Недостаток отечественных систем спутниковой связи приводит к необходимости строить перспективную систему с применением только наземных станций. С другой стороны, это позволяет вводить новую систему поэтапно с выделением пилотных регионов.

#### *Список литературы*

1. Рубцов Е.А., Опарин А.И. Анализ концепции беспилотного аэротакси // Наука сегодня: теория и практика: материалы международной научно-практической конференции. Вологда. 30 августа 2017 г. С. 40-42.

2. Беспилотные авиационные системы / С.А. Кудряков, В.Р. Ткачев, Г.В. Трубников, В.И. Кисличенко. Санкт-Петербург: Свое Издательство. 2015. 121 с.

3. Кульчицкий В.К., Мешалов Р.О. Методика определения рабочей области радиотехнических средств связи ОВЧ диапазона // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно-практической конференции. 29 - 30 ноября 2016 г. С. 153-156.

4. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электро-связь: учебное пособие / С.А. Кудряков, В.К. Кульчицкий, Н.В. Поваренкин, В.В. Пономарев, Е.А. Рубцов, Е.В. Соболев, Б.А. Сушкевич // СПб: Свое Издательство. 2016. 287 с.

5. Автоматизированные системы управления воздушным движением. Новые информационные технологии в авиации: учебное пособие / Р.М. Ахмедов, А.А. Бибутов, А.В. Васильев и др.; под ред. С.Г. Пятко и А.И. Красова. СПб: Политехника. 2004. 446 с.

УДК 621.396.933

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ ОБЛАСТИ СИСТЕМ АВИАЦИОННОЙ ЦИФРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ**

*Рубцов Евгений Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радио-электронных систем*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации*

*196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, rubtsov.spb.guga@rambler.ru*

*Мешалов Роман Олегович – инженер радионавигации, радиолокации и связи*

*Санкт-Петербургский центр ОВД, филиал «Аэронавигация Северо-Запада», ФГУП «Госкорпорация по ОрВД»*

*196210, Россия, Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, д. 37, корпус 5, литера А, roman.meshalov@mail.ru*

*Опарин Александр Иванович – инженер радионавигации, радиолокации и связи*

*Санкт-Петербургский центр ОВД, филиал «Аэронавигация Северо-Запада», ФГУП «Госкорпорация по ОрВД»*

*196210, Россия, Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, д. 37, корпус 5, литера А, rv9xy@mail.ru*

*Аннотация. Предлагается методика определения рабочей области систем авиационной цифровой радиосвязи. Предложенная методика учитывает мощность помехи и полезного сигнала, вид модуляции, количество пакетов и степень их заполненности, а также учитывает помехоустойчивое кодирование. Данную методику можно применять при анализе линий передачи данных систем радиосвязи, автоматического зависимого наблюдения, наземного функционального дополнения глобальных спутниковых систем навигации.*

*Ключевые слова: рабочая область, авиационная цифровая радиосвязь, линии передачи данных.*

## **METHOD OF DETERMINING AN EFFECTIVE RANGE FOR AERONAUTICAL DIGITAL COMMUNICATION SYSTEMS**

*Rubtsov Evgeny A. – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Radio electronic systems, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, rubtsov.spb.guga@rambler.ru*

*Meshalov Roman O. – Engineer of radio navigation, radar and communication, Saint-Petersburg ATM center, branch «North-West Air Navigation», Federal State Unitary Enterprise «State ATM Corporation»*

*Pulkovskoe highway, 37, building 5/A, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, roman.meshalov@mail.ru*

*Oparin Alexander I. – Engineer of radio navigation, radar and communication, Saint-Petersburg ATM center, branch «North-West Air Navigation», Federal State Unitary Enterprise «State ATM Corporation»*

*Pulkovskoe highway, 37, building 5/A, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, rv9xy@mail.ru*

*Abstract. Proposes a method of determining an effective range for aeronautical digital communication systems. The proposed method takes into account a power of noise and signal, type of modulation, number of packages and their degree of occupancy, and takes into account error-correction coding. This methodology can be applied in the analysis of communication system data links, automatic dependent surveillance, and ground-based augmentation systems of global navigation satellite systems.*

*Keywords: effective range, aeronautical digital communication, data links*

Цифровая радиосвязь является перспективным направлением развития средств взаимодействия диспетчера и пилота, она позволяет осуществлять автоматический обмен сообщениями, использовать помехоустойчивое кодирование и рационально использовать радиочастотный спектр. Кроме того, линии передачи данных (ЛПД) применяются при реализации автоматического зависимого наблюдения (АЗН), а также для передачи поправок локальной контрольно-корректирующей станции (ЛККС). Отсюда следует необходимость в разработке методики анализа ЛПД для определения размеров рабочей области систем авиационной цифровой радиосвязи.

Традиционно, рабочей областью радиотехнического средства (РТС) называют объем пространства, в пределах которого данная радиотехническая система обеспечивает требуемые точность и безопасность полетов [1,2].

В общем случае, расчет рабочей области сводится к выбору критерия  $a$ , характеризующего качество информации РТС. Также вводится предельно допустимое значение критерия  $a_{\text{доп}}$ , при котором обеспечивается требуемая безопасность полетов. Текущее значение критерия зависит от удаления самолета от РТС, а также от эксплуатационно-технических характеристик самого РТС. Тогда, рабочей областью будет объем пространства, в пределах которого текущее значение критерия не превосходит предельно допустимое.

В качестве критерия для систем навигации и наблюдения используют погрешность определения координат ВС. Для систем радиосвязи критерием качества связи, выражаемое различными показателями, в зависимости от вида системы связи. Например, для аналоговой радиосвязи в качестве критерия выступает разборчивость, а также отношение сигнал/шум на выходе приемника [3].

ИКАО были разработаны требуемые характеристики систем связи – РСР. Они характеризуется такими параметрами как: время транзакции, непрерывность, готовность и целостность. Тот или иной тип РСР назначается после проведения соответствующего мониторинга. Определение типа РСР требует больших материальных и временных затрат, поэтому целесообразно ввести другие параметры для анализа качества информации [1].

Методика определения рабочей области для систем цифровой радиосвязи

В системах цифровой радиосвязи критерием качества служит вероятность приема ошибочного сообщения. Для большинства задач эта вероятность не должна превышать  $10^{-6}$ . Эта величина зависит от вероятности ошибки на один бит информации (bit error rate - BER), от длины сообщения, а также от типа применяемого кода.

Длина сообщения может варьироваться в зависимости от вида передаваемых данных и вида применения ЛПД. Так, длина сообщений АЗН варьируется от 89 бит (для обязатель-

ных параметров, передающихся постоянно) до 338 бит (при передаче всех возможных параметров) [4]. Максимальная длина сообщения для CPDLC (controller pilot data link communication), с учетом 24-битной фиксированной части, составляет 8216 бит [5]. Минимальный размер зависит от типа сообщения, однако, если предположить, что в самом коротком слове будет 5 букв при 8-битном кодировании, то получим 64 бита.

Для удобства расчетов, зададим следующие величины: минимальная длина сообщения для АЗН и CPDLC – 100 бит, максимальная – 350 и 8300 бит соответственно. Вероятность ошибочного приема сообщения без использования избыточного кодирования равна:

$$P_{\Pi} = 1 - \prod_{i=1}^S (1 - P_{Ci}),$$

где  $P_{\Pi}$  – вероятность ошибочного приема сообщения;  $P_{Ci}$  – вероятность ошибочного приема  $i$ -го бита;  $S$  – длина пакета.

Так, если  $P_{Ci} = 10^{-7}$  и  $S=100$ , то  $P_{\Pi} = 10^{-6}$ . А при  $S=350$  и  $8300$  вероятность ошибочного приема сообщения  $P_{\Pi}$  становится равной  $3.5 \times 10^{-5}$  и  $8.3 \times 10^{-4}$ , что говорит о необходимости уменьшать вероятность ошибки на один бит.

На практике, при передаче данных по цифровым радиоканалам используют помехоустойчивое кодирование. Это кодирование осуществляется с помощью систематического кода Рида-Соломона фиксированной длины [6], который использует шесть избыточных бит, соответственно, может исправить три ошибки. Если в сообщении будет четыре ошибочных бита, код их полностью не исправит и такое сообщение можно считать ошибочным. Также стоит учесть, что код Рида-Соломона налагает ограничение на длину сообщения в 240 бит (при длине пакета 256 бит), поэтому большие сообщения разбиваются на ряд более мелких. Если нужно передать сообщение длиной меньше, чем 240 бит, остаток сообщения заполняется пустыми битами.

Определим, какова будет вероятность приема ошибочного сообщения, если его длина равна 240 бит, вероятность ошибки на бит  $10^{-7}$ , и ошибка в сообщении возникает, только если оно содержит не менее 4-х ошибочных бит. Для этого используем выражение:

$$P_{\Pi} = \frac{a^m}{m!} \cdot e^{-a},$$

где  $m$  – заданное количество ошибок в сообщении;  $a = N \cdot P_{\text{ош}}$  – среднее количество ошибок в сообщении данной длительности ( $N$  – длина сообщения,  $P_{\text{ош}}$  – вероятность ошибок на бит).

Сообщение будет принято с ошибкой в том случае, если в нем будет не менее 4 ошибочных бит. Если длина сообщения равна 240 бит, а вероятность ошибки на бит не превышает  $10^{-7}$ , получим  $a = 0,000024$  и  $P_{\Pi} = 1,4 \cdot 10^{-20}$ .

Для достижения требуемой вероятности неправильного приема  $10^{-6}$ , необходимо, чтобы вероятность ошибки на бит была не более  $3,0 \cdot 10^{-4}$ . Таким образом, помехоустойчивое кодирование позволяет значительно снизить требования к качеству канала.

Ключевым элементом в определении вероятности приема сообщения с ошибкой является вероятность ошибки на бит (BER). Эта величина зависит от типа модуляции и отношения сигнал/шум. В каналах авиационной цифровой радиосвязи используется восьмипозиционная дифференциальная фазовая манипуляция (D8PSK).

Для расчета вероятности ошибки на бит используется формула [7]:

$$P_{\text{ош}} = \frac{2}{3} \left[ F\left(\frac{13\pi}{8}\right) - F\left(\frac{\pi}{8}\right) \right], \text{ где}$$

$$F(\psi) = \frac{\sin \psi}{4\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\exp\{-[(E/N) \cdot \log_2 M](1 - \cos \psi \cos \theta)\}}{1 - \cos \psi \cos \theta} d\theta,$$

где  $M$  – количество позиций манипуляции;  $E/N$  – отношение сигнал/шум.

Расчет радиуса рабочей области средств авиационной цифровой радиосвязи сводится к следующему алгоритму:

- 1) определяется отношение сигнал/шум на выходе приемника на различном удалении абонентов;
- 2) исходя из данного вида модуляции рассчитывается вероятность ошибки на бит (BER);
- 3) с учетом помехоустойчивого кодирования определяется допустимая вероятность приема ошибочного сообщения.
- 4) дальность, на которой вероятность приема ошибочного сообщения будет равна допустимой – есть граница рабочей области.

Такой подход применим к сообщениям, длина которых равна 240 битам. При передаче информации между диспетчером и пилотом потребуется разбить большой по объему текст на ряд пакетов размером в 240 бит. При передаче координатной информации в системе АЗН таких пакетов может быть два, при передаче сообщения максимальной длины в системе CPDLC число пакетов может достигать 35. Вероятность ошибочного приема сообщения находится как произведение вероятностей повреждения каждого из пакетов.

При передаче коротких сообщений (это относится к сообщениям АЗН, а также ряду сообщений CPDLC), информация может занимать лишь часть пакета. Остальная часть окажется заполненной пустыми битами (безындформационными), повреждение которых не приведет к ошибкам в сообщении, поэтому вероятности ошибочного приема сообщения необходимо скорректировать. По скорректированной вероятности ошибки на бит рассчитывается вероятность ошибки данного пакета.

#### *Список литературы*

1. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электро-связь: учебное пособие / С.А. Кудряков, В.К. Кульчицкий, Н.В. Поваренкин, В.В. Пономарев, Е.А. Рубцов, Е.В. Соболев, Б.А. Сушкевич // СПб: Свое Издательство. 2016. 287 с.
2. Аль-Рубой М.Х., Рубцов Е.А. Обзор методик расчета рабочей области азимутально-дальномерных радиотехнических систем // Естественные и технические науки. 2014. № 8 (76). С. 137-144.
3. Кульчицкий В.К., Мешалов Р.О. Методика определения рабочей области радиотехнических средств связи ОБЧ диапазона // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 29 - 30 ноября 2016 г. Санкт-Петербург, Институт проблем транспорта им. Н.С. Солосенко РАН, СПб.: 2016. С. 153-156.
4. Автоматизированные системы управления воздушным движением. Новые информационные технологии в авиации: учеб. пособие / Р.М. Ахмедов, А.А. Бибутов, А.В. Васильев и др.; под ред. С.Г. Пятко и А.И. Красова. СПб.: Политехника. 2004. 446 с.
5. Руководство по сети авиационной электросвязи (АТН), использующей стандарты и протоколы пакета протоколов Интернет (IPS). ИКАО документ 9896 AN/469. издание первое. 2010. 112 с.
6. Кузьмин Б.И. Сети и системы авиационной цифровой электросвязи: учебное пособие. Ч. 2. Международная авиационная телекоммуникационная сеть АТН / Б.И. Кузьмин. Санкт-Петербург: ООО «Агентство «РДК-принт». 2000. 304 с.
7. Затучный Д.А. Вероятность ошибки при передаче информации по цифровому каналу связи // Научный вестник МГТУ ГА, серия Радиофизика и радиоэлектроника. 2007. № 112. С. 102-106.

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЕ АЭРОВОКЗАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

*Аракчеев Александр Валерьевич – аспирант Высшей школы техносферной безопасности*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д.29, arakcheev@gefest-spb.ru*

*Бабиков Игорь Александрович – аспирант Высшей школы техносферной безопасности*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д.29, babikov.i.a@gmail.com*

*Танклевский Леонид Тимофеевич – доктор технических наук, заведующий кафедрой пожарной безопасности*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д.29, tanklevskiy@gefestspsb.ru*

*Аннотация.* Современные аэровокзальные комплексы представляют собой сложные строительные сооружения с большим количеством помещений различного назначения, отличающиеся многообразием архитектурных решений. Наличие критически важных узлов управления инфраструктурой аэропорта, а также большое скопление людей предъявляют повышенные требования к системам, обеспечивающим их безопасность, к которым относится и система пожарной безопасности. Немаловажным фактором, который приходится учитывать при проектировании подобных объектов является значительная площадь пожарных отсеков. Перечисленные факторы делают затруднительным или неэффективным применение стандартных подходов при проектировании систем пожаротушения. Разрешить противоречия и в значительной степени повысить эффективность системы позволяют спринклерные установки пожаротушения с принудительным пуском, отличительной особенностью которых является раннее обнаружение очага возгорания, и, как следствие, быстрая его локализация и тушение малым количеством воды.

*В статье описан алгоритм применения спринклерных установок пожаротушения с принудительным пуском для аэровокзальных комплексов.*

*Ключевые слова:* автоматические установки пожаротушения, спринклерные системы, спринклерный ороситель, сателлитный извещатель, АУП с принудительным пуском, пожар.

## NEW APPROACHES TO AUTOMATIC FIRE PROTECTION OF AIR TERMINALS

*Arakcheev Aleksandr V. – post graduate student of Higher school of technosphere safety, St.Petersburg Polytechnic University*

*Politekhnikeskaya str., 29, St.Petersburg, 195251, Russian Federation, arakcheev@gefest-spb.ru*

*Babikov Igor Al. – post graduate student of Higher school of technosphere safety, St.Petersburg Polytechnic University*

*Politekhnikeskaya str., 29, St.Petersburg, 195251, Russian Federation, babikov.i.a@gmail.com*

*Tanklevskiy Leonid T. – PhD of technical sciences, head of Fire Safety department of Peter the Great, St.Petersburg Polytechnic University*

*Politekhnikeskaya str., 29, St.Petersburg, 195251, Russian Federation, tanklevskiy@gefest-spb.ru*



*Abstract: Modern air terminals represent complex building structures with many compartments of different purpose and architectural treatments. Availability of highly important control units of infrastructure of the airport and large quantity of people demand overstated requirements to systems providing their safety including fire protection systems. Large area of fire compartments is an essential factor that should be taken into account during design of such objects. All the factors above make implementation of ordinary approaches during design of fire protection systems hard and ineffective. Sprinkler units with monitoring of activation solve these problems and considerably increase an efficiency of the system. The distinctive feature of such units is detection of fire source on early stages and as a result quick localization and extinguishing with low volume of water.*

*The articles contains an algorithm of implementation of sprinkler units with monitoring of activation for air terminals.*

*Keywords: automatic extinguishing units, sprinkler systems, sprinkler, satellite fire detector, automatic extinguishing units with monitoring of activation, fire.*

С развитием авиационного сообщения и увеличением пассажиропотока всё больше появляется авиационных терминалов, выполняющих функцию многофункциональных транспортных узлов, значительных по своему размеру и объединяющих в себе большое количество зданий и помещений различного функционального назначения. Значительная защищаемая площадь, перепады высот помещений, наличие большого количества людей, делает задачу их противопожарной защиты нетривиальной и требующей нетрадиционного подхода.

Единственной системой пожаротушения, безопасной для жизни и здоровья людей и применимой в местах их массового скопления, является система водяного пожаротушения. Основной задачей такой системы, является быстрое обнаружение и локализация очага возгорания до наступления критических значений опасных факторов, представляющих угрозу жизни и здоровью людей.

В современной архитектуре аэровокзальных комплексов, широко используются атриумы и остеклённые пространства, протяжённые коридоры и пешеходные тоннели. Возникновение пожара в таких помещениях может привести к большому количеству человеческих жертв. Применение традиционных спринклерных систем пожаротушения для защиты такого рода объектов не всегда может обеспечить быстрое реагирование на развивающийся пожар. Так, например, спринклерный ороситель, установленный на высоте более 15 метров может работать при площади пожара не менее 30 м<sup>2</sup> [1].

Одним из путей повышения эффективности спринклерной системы является снижение ее инерционности за счет применения технологии принудительного пуска. На сегодняшний день разработаны и нашли применение два варианта принудительного разрушения теплового замка спринклера. Первый из них в качестве активирующего элемента использует пиропатрон (рис. 1а), при подаче пускового импульса на который происходит его подрыв, сопровождаемый формированием мощной направленной струи пороховых газов, приводящей к механическому разрушению колбы, в основе второго способа лежит принцип разогрева жидкости, находящейся в колбе с помощью внешнего электрического нагревателя (рис.1б). Тепловое расширение жидкости в замкнутом объёме ведёт к разрушению колбы и вскрытию оросителя.

К достоинствам первого способа можно отнести малое время необходимое для активации спринклера, измеряемое в миллисекундах с момента подачи импульса запуска, в то время как во втором способе на это может понадобиться от 5 до 10 с [2]. Однако данный способ активации спринклеров не допустим на объектах с массовым пребыванием людей, так как он сопровождается громким хлопком с силой звука более 100Дб. Звук, производимый срабатыванием пиропатрона подобен звуку, производимому огнестрельным оружием при стрельбе, что может быть расценено как террористическая атака и при запуске большого количества оросителей повлечь неконтролируемую панику В то же время электрический нагрев происходит незаметно и совершенно беззвучно. Осуществлять контроль цепей запуска

также легче и безопасней в системах принудительного пуска, основанных на электрическом нагреве теплового замка [3].



*а) пиропатронный пуск*

*б) пуск путем электрического нагрева*

*Рисунок 1 – Спринклеры с принудительным пуском*

Аэровокзальный комплекс объединяет в себе различные типы помещений, такие как помещение сортировки багажа, серверные, помещения с различным техническим оборудованием, офисные помещения сотрудников и арендаторов, фудкорты, залы прилета/вылета и др. В зависимости от типа помещения должны быть выбраны соответствующие системы пожаротушения и алгоритмы их функционирования.

В помещениях, где высота потолка не превышает 3-4 метров и характер пожарной нагрузки не предполагает быстрого развития пожара, достаточным будет применить традиционную спринклеру систему пожаротушения [3].

При защите мест с массовым пребыванием людей и при высоте потолка более 4 метров нами предлагается применение электрического индивидуального пуска спринклеров. Такой способ активации оросителя позволяет обнаружить очаг возгорания на первых минутах и запустить систему пожаротушения локально в месте возгорания, избежав при этом значительного пролива воды. Данный механизм активации оросителей основан на применении сателлитных пожарных извещателей, совмещенных с модулем пуска спринклеров (рис. 2) [3].



*Рисунок 2 – Индивидуальный принудительный пуск спринклера с сателлитным извещателем пламени*

При наличии в защищаемом помещении значительной пожарной нагрузки, например, в помещениях по сортировке багажа, более эффективным будет применение алгоритма группового принудительного пуска.

В современном дизайне помещений широкое применение нашли потолки типа «Грильято», при использовании которых между основным и декоративным потолками прокладывается большое количество инженерных сетей, там же устанавливаются и традиционные спринклеры. Это в значительной степени снижает эффективность тушения, так как потолки типа «Грильято» сильно искажают карту орошения спринклера. При защите таких помещений предлагается установка спринклерного оросителя с принудительным пуском, совмещенного с сателлитным извещателем на основном потолке, и дополнительного оросителя с принудительным пуском в потолке типа «Грильято». При срабатывании теплового извещателя одновременно запускаются спринклеры на двух уровнях.

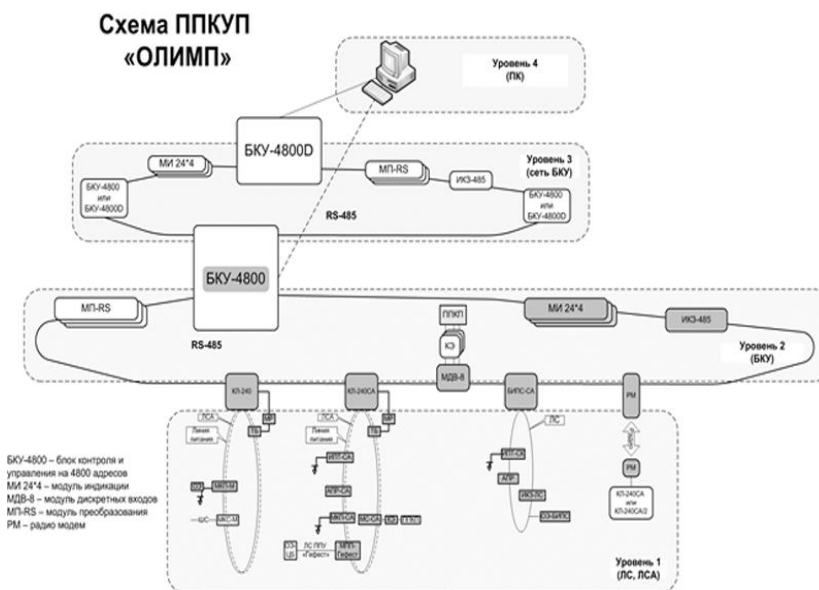


Рисунок 3 – Схема построения ПКТС «Олимп»

Одним из немаловажных факторов при организации защиты объекта от пожара является быстрое определение места возгорания с последующим направлением к месту возгорания пожарных бригад. В связи с этим, при организации работы системы автоматического пожаротушения необходимым является определение местоположения сработавшего спринклера и визуальное отображение его срабатывания на посту дежурного персонала [4]. С целью организации системы адресного автоматического пожаротушения по всей территории объекта в местах, где нецелесообразно применять сателлитные извещатели или принудительный пуск, нами предлагается оборудовать каждый спринклерной ороситель на защищаемом объекте контролем пуска. Данное дополнение позволит обеспечить быстрое информирование дежурного персонала о вскрытии оросителя, независимо от вызвавших его причин (вскрытие оросителя может произойти не только под действием тепловых потоков, но и при механическом воздействии на тепловой замок или при дефекте самого оросителя). В качестве аппаратуры контроля таких спринклеров предлагается использовать программно-аппаратный комплекс «Олимп» (ПКТС «Олимп»).

ПКТС «Олимп» позволяет решить задачи по контролю и управлению системой автоматического адресного пожаротушения. Каждый ороситель в данной системе имеет свой уникальный адрес, что позволяет реализовать абсолютно любой алгоритм работы системы, обеспечивая гибкость системы в зависимости от обстановки на защищаемом объекте.

Подключение комплекса к персональному компьютеру позволяет отображать на планах объекта защиты всю необходимую информацию о состоянии объекта.

В настоящее время описанная выше технология реализована в монтаже на втором и в проекте третьем терминалах аэропорта Домодедово (Москва).

#### *Список литературы*

1. Бабилов И.А., Рушкина К.С., Тимофеева Е.В., Абрамов А.В. Оценка эффективности защиты объектов транспортной инфраструктуры спринклерными установками пожаротушения // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН. Санкт-Петербург. 2016. Т 1. С. 263-267.
2. ЗАО «ПО «Спецавтоматика». Комплексные системы пожарной безопасности, оснащенные интеллектом. Алгоритм безопасности. 2015. № 5. С. 57.
3. Tsoy A., Snegirev A., Tanklevsky L., Electrically controlled dynamic sprinkler activation: computational assessment of potential efficiency, Fire Safety Journal-2017.
4. Таранцев А.А., Снегирёв А.Ю., Копылов С.Н., Мешман Л.М., Танклевский Л.Т. Методика оценки возможности использования спринклерной АУП // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXVI Междунар. науч.-практ. конф. М.: ВНИИПО. 2014. С. 143-151.

УДК 629.733.5 : 628.132

### **СПОСОБ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ВЕРТОЛЕТОВ И ДИРИЖАБЛЕЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ И СТЕПНЫХ ПОЖАРОВ**

*Павлов Сергей Николаевич – инженер, начальник сектора вооружений  
Научно-технический центр Общероссийской общественной организации «Союз казаков», Санкт-Петербург, pavlovkpv@mail.ru*

*Семенов Александр Георгиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры инженеринговых силовых установок и транспортных средств  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, agentnomer117@mail.ru*

*Аннотация. Разработан, главным образом для МЧС, новый способ совместного применения вертолетов и газовых или тепловых дирижаблей для тушения лесных и степных пожаров. Предложены также варианты устройства для реализации таких способов. Приведен также способ поиска вода средствами воздушной разведки. Инновации основаны на современных научно-технических достижениях в областях воздухоплавания и изобретательского опыта авторов.*

*Ключевые слова: пожарная техника, лесные и степные пожары, тушение лесных и степных пожаров, воздухоплавание, дирижабль.*

### **WAY OF THE JOINT USING HELICOPTER AND AIRSHIPS TO EXTINGUISH FOREST AND STEPPE FIRES**

*Pavlov Sergey N. – engineer, Hief of the sector of the armses  
Semenov Alexander G. – PhD in Ntchnical Sciences, Associate Professor Department of Engineering of Engines and Transport Vehicles Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University*

*Politekhnikeskaya str., 29, St.Petersburg, 195251, Russian Federation, agentnomer117@mail.ru*

*Abstract. It Is Designed, mainly for Ministry on exceeding situation, new way of the joint using helicopter and gas or heat airships for stewing timber and steeper fire. Variants device are Offered also for realization of such ways. Way of searching for water facility of the air exploring is Brought also. Leading developments are founded on modern research achievements in area of the aerostation and invention experience of the authors.*

*Keywords: the Fireman technology, timber and steeper fires, stewing timber and steeper fire, aerostation, airship.*

### **1. Аналоги и проблематика**

В ходе воздушной борьбы с лесными пожарами одними из основных летательных аппаратов (ЛА) становятся вертолеты, оборудованные средствами посадки на воду и самостоятельного забора воды как после посадки, так и в режиме висения. Такие ЛА не привязаны к наземным аэродромам и могут осуществлять регулярные рейсы от водоёмов к зонам пожаров и обратно. Однако нередко размер водоёма (особенно глубина) или заиленность не позволяют самолёту произвести посадку или забор воды, и среди водоёмов приходится делать выборку (на какие можно сесть, какая там вода как далеко туда лететь и т. д.). Пожарные вертолеты Ка-21А и Ми-8МТ(МТВ) имеют устройства для забора воды из колонок или подвесные устройства забора и транспортировки воды к месту пожара. Например, в Ленинградском научно-исследовательском институте лесного хозяйства было разработано устройство для Ка-26. Это тросовое устройство с подвесным баком для забора воды из ближайших водоёмов прямо в полете. Оно состоит из бака для воды, подвесной системы, механизма для ее отсоединения в зоне работы, амортизатора, фала и концевого выключателя. При наполнении и сливе воды бак поворачивается с помощью троса от электролебедки. Аналогичное устройство для Ми 8 изготовлено из прорезиненной ткани и предназначено для забора воды из открытых водоемов в режиме зависания и транспортировки ее в район пожара. Есть также устройства для закачки воды из водоема, но все эти манипуляции требуют нахождения ЛА в режиме висения – наиболее дорогое для вертолета с финансовой точки зрения. Известные методы не позволяют использовать стандартные вертолеты. Кроме того, они лишают пожарных возможности использовать скрытые источники воды (колодцы, скважины, заболоченные и мелкие реки и водоемы).

### **2. Предложение совместного использования методов «заготавливания емкостей» и «сетевого тушения»**

Выходом из описанной ситуации стало бы совместное использование методов «заготавливания емкостей» и «сетевого тушения». При первом в населенных пунктах около доступных источников воды создают запас мягких стандартных емкостей для воды в количестве 1-2 заправки вертолета. После наступления пожароопасной ситуации применяют второй способ – после вызова гражданские пожарные бригады занимают пост у водоема и наполняют емкости, сообщая об этом на диспетчерский пункт. Вертолеты, согласно данным с диспетчерского пункта, проходят над очагом, сливая воду, опуская лебедками к постам пустые емкости и забирая полные с ближайших готовых постов. Это позволит снизить расходы при тушении за счет снижения нагрузки на двигатели и улучшения логистики тушения, а также повысить скорость тушения. В качестве емкостей можно было бы использовать напорно-всасывающие пожарные рукава в сборе с головками, что позволит применять их и для работы местных отделений МЧС. Кроме емкостей, можно сделать запасы пожарных материалов (мотопомп, рукавов, огнетушителей) для формирования ситуационных схем пожаротушения.

### **3. Предложение новых способов поиска воды**

Для повышения количества готовых точек забора воды можно воспользоваться новыми способами (методами) разведки месторождений. Надежных методов для предварительного поиска залежей воды сейчас не применяется. Однако еще в 2010 г. группой российских ученых-геофизиков с участием Васева Валерия Федоровича были произведены эксперименты по определению расположения залежей подземных вод и расположения будущей скважины. Технический результат метода: возможность поиска залежей подземных вод от дневной поверхности до глубин в несколько десятков километров, повышение достоверности и уп-

рошение поиска, снижение трудоемкости проведения работ [1]. В ходе экспериментов применялся тепловой дирижабль, однако способ может применяться и с вертолета. В дальнейшем перед наступлением пожароопасного сезона может быть произведена гидро разведка с фиксацией вероятного положения скважин. Таким образом, применение новых методов разведки залежей воды может: повысить эффективность пожаротушения за счет укорочения транспортных связей ЛА; снизить стоимость использования ЛА при уменьшении расходов на топливо и работы экипажей; уменьшить расходы на восстановление экипажей при меньшей их утомляемости; уменьшить расходы на содержание аппаратов; распределить пожарные материалы в пожароопасных регионах с возможностью концентрации по обстановке; провести предварительную разведку точек сверления скважин и сверлить их согласно обстановке.

#### 4. Тепловые и газовые дирижабли для тушения лесных и степных пожаров

В НИИПО ранее были проведены масштабные опыты по применению дирижаблей при борьбе с пожарами. Применялись макет пожара и газовый аэростат. Были сделаны выводы о сильных колебаниях дирижабля в восходящих потоках пожара и непригодности дирижаблей к противопожарной деятельности.

С другой стороны, можно сделать и обратные выводы:

1. Не стоит пытаться применять дирижабли в условиях, полностью соответствующих применению вертолетов (например, из-за парусности первых).
2. Следует применять дирижабли на больших высотах над очагами пожара.
3. Нужно применять дирижабли для пролива возможных направлений распространения пожара, что при их малой стоимости и дешевизне применения позволит увеличить эффективность и повысить маневренность борьбы с пожаром.

Стоимость дирижабля меньше, чем вертолёт, примерно в 7 раз, стоимость обучения экипажа и его меньшая утомляемость во время работы в сумме дадут кумулятивный эффект, при котором процесс пожаротушения упростится и удешевится. Особенно важно, что до 70% лесных пожаров ликвидируется в первые двое суток. В среднем с участием работников парашютной и десантно-пожарной службы ликвидируется до 4000 лесных пожаров. Еще одним вариантом для снижения стоимости работ может стать использование тепловых дирижаблей [2], в которых не применяются дорогие легкие газы и чья работа удешевлена исключением их стоимости из стоимости полета, а воздухоплавание обеспечивается нагревом воздуха в оболочке при помощи пропан-бутановой горелки. Для лучшей специализации пожарного применения аппарата может потребоваться установка ряда специализированного оборудования. В частности, вариант съемного устройства для забора воды с борта дирижабля. Такое устройство на основе 4-х метровых пожарных рукавов и лебедки представлен на рис. 1.

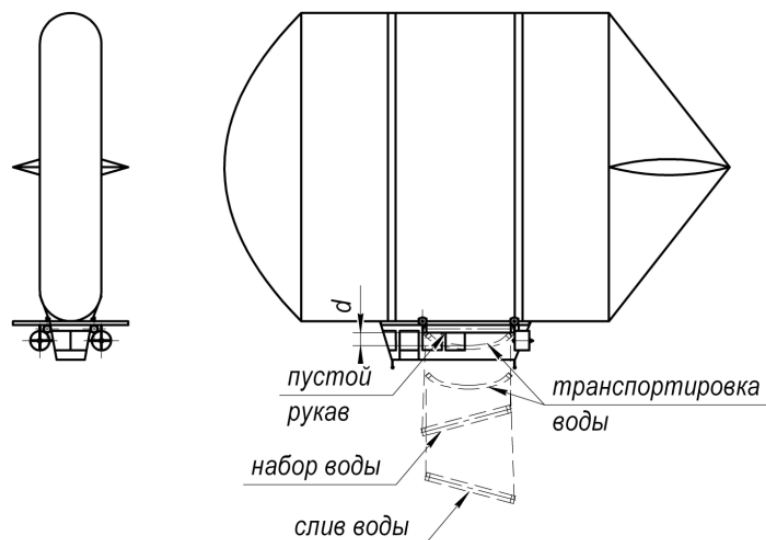


Рисунок 1 – Авторский вариант системы забора воды на борт дирижабля

Принцип работы устройства: пустой рукав опускают в водоем, а по заполнении поднимают за концы, и изгиб рукава сохраняет воду от изливания. По полете к месту пролива один из концов рукава опускают, и вода выливается из рукава.

Также может применяться метод сбрасывания с воздуха импульсных систем пожаротушения в зоне пожара (таких как модуль порошкового пожаротушения МПП Тунгус-24, МПП-10ст производства ООО ПСК «ЗАЩИТА» [3].

В настоящее время производство сертифицированных дирижаблей налажено только за рубежом германскими и чешскими фирмами. По результатам переписки с производителями и эксплуатантами были определены примерные стоимости изготовления дирижабля в Европе и эксплуатации в России. Стоимость дирижабля с грузоподъемностью до 500 кг – 1 200 000 руб. 8-ми местный венгерский дирижабль с автомобилем – буксировщиком, фургоном и авионикой [4] обходится, по предварительным подсчетам и результатам переписки с фирмой, в 1700000 руб. Примерно в такую же сумму обходится закупка 6-местного дирижабля в Германии [2]. По данным 2015 года, 1 час полетов теплового дирижабля обходится в 46 000 руб. Программа обучения пилота в России стоит на 2016 г. 285 000 руб., механиков – 7500 руб. Готовность аппарата к полету профессиональные пилоты определяют в 15-20 мин. В России в Петербурге производством как газовых, так и тепловых дирижаблей занимается ООО «РВК ПЕРУН» под управлением Г.М. Чистякова, а в других городах ряд других фирм. Возможно, удастся снизить цену аппарата путем отказа от закупки иностранного автомобиля буксировщика, переделки комплектации и пр. В сложенном виде аппарат укладывается в автоприцеп, однако обычный прицеп предназначен для европейских дорог и для России, вероятно, потребует сборки в полноприводном грузовике. Количество аппаратов нужно оптимизировать, распределив между соседними пожароопасными районами по данным МЧС. Дирижабль способен проводить самостоятельную эффективную борьбу с пожаром, но при этом следует избегать влияния восходящих потоков. Для этого следует пролетать над очагом на большой высоте (около 500 м) и сбрасывать на очаг возгорания импульсные модули порошкового пожаротушения [5]. Из-за малой грузоподъемности аппарата работу их следует в первую очередь свести к вспомогательным функциям.

Во время отсутствия основной работы возможно использование аппарата для переброски грузов и воздушной работы по заказам.

Как показывает наложение карт пожароопасности и средней силы ветров, в России в большей части пожароопасных регионов скорость ветра небольшая и входит в предельные параметры применения дирижаблей (до 7 м/с). В случае вызывания искусственных осадков (по данным, полученным от разработчиков-производителей метеоракет), пуск ее может быть произведен с борта дирижабля [5]. При отсутствии осадков, наличие которых осложняет полеты легковоздушной техники, полеты дирижаблей во многих случаях позволяют высвободить вертолеты из-под мелких задач и перебросить их на более важные дела (перевозку тяжелых грузов, скоростную переброску тяжелораненых, работу на малой высоте над очагом пожара). Кроме борьбы с пожарами, легковоздушные аппараты в случае ЧС могут применяться для эвакуации единичных людей, доставки мелких грузов и пр. Единственные условия – отсутствие сильного ветра и осадков.

#### *Список литературы*

1. Патент РФ на изобретение № 2465621 С1. М.Кл. G01V 8/02. Способ поиска подземных вод / К.М. Каримов и др. Заявка № 2011121832/28. Приоритет 30.05.2011Оубл. 27.10.2012.
2. Интернет-ресурс: <http://www.defa-flug.de>.
3. Система пожаротушения «Тунгус»: Официальный сайт НПК ЗАО «Источник плюс»: Доступно на: <http://antifire.org/>.
4. ART Leghajo es Ballon KftЖ Доступно на: <http://www.art-airships.com/>.
5. Акционерное общество «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Вымпел» им. И.И. Торопова». Официальный сайт // Доступно на: <http://vumpelmbk.com>.

## ВЛИЯНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА НА ОПЕРАТИВНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АЭРОПОРТА

**Байрамов Авес Байрамович** – кандидат технических наук, доцент кафедры механики  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской  
авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, *mechanika\_6@mail.ru*

**Муксимова Роза Равилевна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры  
прикладной математики и информатики

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской  
авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, *rose.r.mux@gmail.com*

**Петухов Геннадий Михайлович** – соискатель кафедры механики

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской  
авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, *gena22007@gmail.com*

Аннотация. В статье рассматривается проблема влияния вулканических извержений на деятельность аэропортов, приводится перечень вулканических опасностей, описываются свойства вулканического пепла, предлагаются методы смягчения последствий от вулканической деятельности.

Ключевые слова: безопасность на воздушном транспорте, вулканическая опасность, риск, чрезвычайная ситуация в аэропорту.

## INFLUENCE OF VOLCANIC ASH ON OPERATIONAL ACTIVITY OF THE AIRPORT

*Bayramov Aves B. – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Mechanics, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, [mechanika\\_6@mail.ru](mailto:mechanika_6@mail.ru)*

*Muksimova Roza R. – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Applied Mathematics and Informatics, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, [rose.r.mux@gmail.com](mailto:rose.r.mux@gmail.com)*

*Petukhov Gennady M. – post-graduate student, Department of Mechanics, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, [gena22007@gmail.com](mailto:gena22007@gmail.com)*

Abstract. The article considers the problem of volcanic eruptions impact on the activities of airports, list of volcanic hazards and properties of volcanic ash are described, methods for mitigating the volcanic activity impacts are proposed.

Keywords: safety in air transport, volcanic hazard, risk, emergency at the airport.

Вулканический пепел (ВА) является наиболее распространенным продуктом взрывных вулканических извержений, который оказывает влияние на деятельность гражданской авиации. Анализ инцидентов аэропортов, затронутых вулканической деятельностью с 1944 по 2006 год [1], показывает, что, как минимум, 101 аэропорт в 28 странах пострадал 171 раз от извержений 46 вулканов. С 1980 года в среднем пять аэропортов в год временно прекращали свою деятельность (закрывались) из-за влияния вулканической активности, что указывает на то, что вулканические опасности для аэропортов не являются редкостью по всему миру.



Несомненно, данное обстоятельство не может не вызывать озабоченность среди авиационных специалистов к вулканической угрозе для безопасной деятельности авиатранспортной системы гражданской авиации (далее АТС ГА) в целом. Поэтому данная проблема должна рассматриваться с позиции «авиационной вулканологии» с учетом факторов риска присущей вулканической угрозе для АТС ГА.

#### Количество вулканов и виды вулканических опасностей для аэропортов

По данным Смитсоновского института (США) на суше находятся 1532 вулкана (каталог за 2016 год), которые хотя бы раз извергались за последние 10 000 лет. Именно эти данные принято считать наиболее достоверными на сегодняшний день. Проблема подсчета вулканов связана как разницей в их типах, так и с малой изученностью Мирового океана. Существует мнение среди вулканологов, что на океанском дне находятся три четверти всех вулканов планеты, то есть их общее количество может достигать 6000. Кроме того, до настоящего времени специалисты так и не пришли к общему мнению – считать ли вулканические поля одним вулканом или все же учитывать каждый конус, кратер или маар на их территории. Как бы там ни было, большая их часть сосредоточена на Тихоокеанском огненном кольце, опоясывающий по периметру весь Тихий океан. Подсчитывая, сколько вулканов на Земле, ученые выяснили, что около 600 вулканов из общего количества были активны в период человеческой истории, примерно 160 извергаются каждое десятилетие, а от 50 до 70 ежегодно.

Если рассматривать по странам, то несомненным лидером по числу вулканов являются США, где находится 180 вулканов. Преобладающая их часть находится на территории Аляски и в Алеутской гряде, на Гавайях и вдоль западного побережья Тихого океана. Второе место по количеству вулканов принадлежит России, где сосредоточено 152 вулкана, причем основная их масса находится на Камчатке и Курильской гряде. На третьем месте стоит Индонезия со 141 вулканами, но самыми активными в мире и наиболее опасными по воздействию на АТС ГА. Четвертую позицию занимает Япония, на островах которой находятся 128 вулканов. Замыкает пятерку Чили, имеющая в общей сложности 104 вулкана.

К числу основных и наиболее опасных факторов вулканических продуктов извержений, влияющих на деятельность АТС ГА можно отнести:

- 1) вулканический пепел;
- 2) вулканические бомбы и лапилли (кусочки пористой лавы);
- 3) вулканические газы;
- 4) вулканические молнии;
- 5) лавовые потоки;
- 6) грязевые потоки (лахары);
- 7) пирокластические потоки (палящие тучи);
- 8) пожары по маршруту движения лавового потока.

Первичную опасность для деятельности аэропорта представляет VA, который может привести к закрытию аэропорта при покрытии слоем пепла взлетно-посадочной полосы толщиной более 1 мм [2]. Зарегистрированные данные толщины накопления VA в аэропортах варьируется от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Максимальное документированное накопление слоя пепла достигало 50 см в аэропорту Рабаул (Папуа Новая Гвинея), который находится в 7 км от вулкана источника пепла. Также большое накопление пепла было отмечено в 1991 году от извержения вулкана Пинатубо на Филиппинах (второе по величине извержение в двадцатом веке), слой осаждения достигал 15-20 см пепла в аэропортах на расстоянии 20-40 км от вулкана.

Последствия вулканической активности в аэропортах могут сопровождаться повреждением воздушных судов (ВС) находящихся на стоянках, повреждением объектов инфраструктуры (здания, сооружения, дренажные системы, канализация, различное оборудование, энергоснабжение, наземная техника и прочее). Наиболее распространенным эффектом является временное ограничение по приему и выпуску ВС (закрытие аэропорта) на период очистки (удаления) VA с территории аэропорта, которая может длиться от несколько часов до несколько дней. Известен случай, когда аэропорт Бандунга в Индонезии в 1982 году был закрыт в течение 18 дней от извержения вулкана Гулунгтунг. Следует отметить особый случай

закрытия аэропорта на острове Мияки-Джима (Япония). В результате эруптивной деятельности в августе 2000 года, которая привела к эвакуации 4000 жителей острова, последующие высокие уровни дегазации диоксида серы удерживали аэропорт закрытым до середины 2008 года.

Вулканический пепел – это материал, создаваемый взрывными извержениями вулканов диаметром 2 мм и менее (делиться на фракции: грубой золы от 0,063 до 2 мм, мелкой золы 0,063 мм и менее). Из-за их сильного и быстрого образования частицы VA состоят из различных пропорций витрических (стекловидных, некристаллических), кристаллических или литических (немагматических) частиц. Плотность отдельных частиц может варьироваться примерно от 700 до 1200 кг/м<sup>3</sup> для пемзы, 2350-2450 кг/м<sup>3</sup> для фракций стекла, 2700-3300 кг/м<sup>3</sup> для кристаллов и 2600-3200 кг/м<sup>3</sup> для частиц лития. Так как более грубые и плотные частицы осаждаются вблизи вулкана источника извержения, мелкие фракции стекла и пемзы обогащены отложениями пепла в дистальных местах [3]. Абразивность VA является функцией твердости материала, образующего частицы и их формы, с высокой степенью угловатости, что приводит к большей абразивности. Витрические частицы обычно содержат небольшие пустоты, известные как везикулы, образованные расширением магматического газа до того, как окружающая магма затвердевает. Частицы пепла могут иметь разную степень везикулярности. Везикулярные частицы могут иметь чрезвычайно высокое отношение площади поверхности к объему [4] и являются потенциально коррозионным и электропроводящим [5], поэтому могут оказывать влияние на работу различного электрооборудования, вплоть до их отказа, что, несомненно, важно учитывать при использовании электрооборудования и принимать дополнительные меры по их защите от пепла.

#### Методы смягчения последствий от вулканической деятельности

Важным аспектом усилий по смягчению последствий вулканической деятельности для снижения уязвимости аэропорта к вулканическим опасностям, прежде всего, является готовность персонала, основанная на разработанном плане действий при аварийных (чрезвычайных) ситуациях связанных с выпадением пепла. В идеале в таком плане описываются методы и доступное оборудование для очистки, процедуры включения актуальной информации из соответствующих вулканических и метеорологических агентств для принятия оперативных решений в случаях закрытия аэропорта в целях безопасности ВС и пассажиров, процедуры управления воздушным движением в загрязненном воздушном пространстве, а также порядка выполнения полетов (маневрирования) вблизи аэропорта подверженному вулканической угрозе.

Эффективность смягчающих мер улучшаются, когда администрация аэропорта:

1. Получает оповещение об извержении вулкана от официальных источников (вулканические обсерватории, метео-агентства, органы управления воздушным движением, по докладам пилотов и т.п), что позволяет своевременно принять меры по защите объектов инфраструктуры аэропорта и ВС, находящихся на стоянках, от воздействия вулканического пепла.
2. Проводит мониторинг в реальном времени за потенциально опасным для авиации вулканом посредством стационарных камер наблюдения.
3. Использует наземный Доплеровский радар.
4. Получает дополнительную информацию от различных источников (охотники, лесники, случайные свидетели вулканического извержения).
5. Использует дисперсионные модели, которые прогнозируют зональное осаждение пепла.
6. Имеет аварийный план действий на случай вулканической деятельности.
7. Ежегодно проводит учения по аварийному плану действий связанных с вулканической деятельностью.

#### Заключение

Вулканическая деятельность будет и в дальнейшем оказывать влияние на работу аэропортов более чем двух десятков стран, не только расположенных близко к вулканам, но и на аэропорты, удаленные на сотни километров от вулканов (например: извержение вулкана Eyjafjallajökull, Исландия, 2010). Извержения не всегда должны быть мощным, чтобы оказать

воздействие на работу аэропортов, ведь по статистике [1] одной пятой частью зарегистрированных случаев были небольшие извержения, а умеренными – почти две трети. Одна пятая пострадавших аэропортов находится в пределах 30 км от вулканов источников, примерно половина находится 150 км, а около трех четвертых – в пределах 300 км, почти одна пятая расположена более чем на 500 км.

Из этого следует вывод о необходимости разработки аварийного плана действий на случай извержения вулканов находящихся в радиусе 300 км от аэропорта, с перечнем опасных вулканов (на основе данных об эруптивной деятельности каждого вулкана указанных в «паспорте вулкана»), так как аэропорты, находящиеся вблизи действующих вулканов, следует рассматривать, как имеющий потенциальный риск вулканической опасности для АТС ГА.

#### *Список литературы*

6. Guffanti M., Mayberry G.C., Wunderman R., Casadevall T.J. Database of disruptions to airports by volcanic activity // US Geological Open-File Report 2007-1256.

7. Документ ИКАО 9691 AN/954 Руководство по облакам вулканического пепла, радиоактивных материалов и токсических химических веществ, издание третье. 2015.

8. Shipley S., Sarna-Wojcicki A.M., Distribution, Thickness, and Mass of Late Pleistocene and Holocene Tephra from Major Volcanoes in the Northwestern United States: a Preliminary Assessment of Hazards from Volcanic Ejecta to Nuclear Reactors in the Pacific Northwest // US Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map MF-1435.

4. Heiken G., Wohletz K.H. Three Fastest Shortest Path Algorithms on Real Road Networks: Data Structures and Procedures // Volcanic Ash. University of California Press, Berkeley, California, 1985.

5. Witham C.S., Oppenheimer C., Horwell C.J. / Volcanic ash leachates: a review and recommendations for sampling methods // Journal of Volcanology & Geothermal Research 141, 2005, p. 299–326.

УДК 351.814.339

## **ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ПЕПЕЛ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

**Байрамов Аvez Байрамович** – кандидат технических наук, доцент кафедры механики ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, [mechanika\\_6@mail.ru](mailto:mechanika_6@mail.ru)

**Петухов Геннадий Михайлович** – соискатель кафедры механики ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, [gena22007@gmail.com](mailto:gena22007@gmail.com)

*Аннотация.* В статье рассматривается проблема влияния действующих вулканов мира на деятельность международной гражданской авиации. Предлагаются подходы для обеспечения безопасности полетов.

*Ключевые слова:* безопасность на воздушном транспорте, ИКАО, вулканический пепел, риск, управление воздушным движением.

## **VOLCANIC ASH AND THE SAFETY OF FLIGHTS OF INTERNATIONAL CIVIL AVIATION**

*Bayramov Aves B. – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Mechanics, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, mechanika\_6@mail.ru*

*Petukhov Gennady M. – post-graduate student, Department of Mechanics, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, gena22007@gmail.com*

*Abstract. The article considers the problem of the influence of the active volcanoes of the world to the activities of the international civil aviation. Approaches are proposed for ensuring safety of flights.*

*Keywords: safety in air transport, ICAO, volcanic ash, risk, air traffic control.*

Вулканические извержения представляют собой серьезную угрозу для деятельности гражданской авиации (ГА). Наиболее опасны для авиации сильные эксплозивные (взрывные) извержения вулканов, при которых в течение нескольких часов или дней в атмосферу выбрасывается до нескольких кубических километров вулканического пепла и аэрозолей. При попадании ВС в облако вулканического пепла (VA), могут произойти следующие его повреждения: закупорка трубок системы воздушного давления, засорение вентиляционной и топливной системы, выхода из строя бортового электрооборудования и электроники, «пескоструйной обработки» передней кромки крыльев, стекол кабины экипажа, обтекателя антенны бортовой РЛС, поверхности воздухозаборников двигателей и частей фюзеляжа, забой лопаток турбин и налипания (наплавления) на них осколков вулканических пород, из-за которых может произойти отказ двигателя [1].

В целях организации наблюдений и предоставлении информации об облаках VA, а также подготовки предупреждений для пилотов и авиакомпаний, Международная организация гражданской авиации (ИКАО) с помощью других международных организаций создала службу слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW). Основой IAVW являются девять консультативных центров по вулканическому пеплу (VAAC), которые предоставляют консультативную информацию о VA в глобальном масштабе, как авиационным пользователям, так и соответствующим метеорологическим органам. Роль и обязанности VAAC были определены в поправке 71 к Приложению 3, которая вступила в силу 5 Ноября 1998 г. [2,3].

#### Функции консультативных центров по вулканическому пеплу(VAAC)

VAAC представляют собой метеорологические центры, назначенные в соответствии с региональным аэронавигационным соглашением по рекомендации Всемирной метеорологической организацией. Они следят за соответствующими данными спутников, находящихся на геостационарных и полярных орбитах, в целях определения наличия VA в атмосфере.

В дальнейшем VAAC используют численные модели расчета рассеяния VA с тем, чтобы спрогнозировать перемещение облака пепла. Центры VAAC поддерживают контакты с вулканологическими агентствами государств в зонах своей ответственности в целях своевременного получения квалифицированной информации о вулканической деятельности, предшествующей извержению.

В результате VAAC предоставляют, органам метеорологического слежения, районным диспетчерским центрам, центрам полетной информации, органам NOTAM (NoticestoAirmen) – извещения для пилотов, всемирному центру зональных прогнозов, международным банкам данных ОРМЕТ, созданным в соответствии с региональным аэронавигационным соглашением, спутниковым системам рассылки информации службы AFS, а также другим VAAC консультативную информацию относительно горизонтальной и вертикальной мощности и прогнозируемого перемещения VA в атмосфере после вулканических извержений. Консультативные центры по вулканическому пеплу ведут наблюдения круглосуточно.

В случае перерывов в работе VAAC его функции выполняются другим VAAC или другим метеорологическим центром, назначенным соответствующим государством, обеспечивающим работу VAAC [1-6].

Наличие VA в атмосфере является угрозой безопасности полетов ГА, поэтому ИКАО данную проблему относят к стратегическим целям «А» (наивысший приоритет), как результат в Приложения ИКАО и Процедуры аэронавигационного обслуживания внесены дополнительные поправки, предусматривающие передачу органам метеорологического наблюдения в месте с передачей штормового предупреждения об опасных для ГА явлениях погоды на маршруте (SIGMET) [3,6], включать информацию об облаках VA.

Как показала практика, извержение исландского вулкана Эйяфьятлайокудль в марте - апреле 2010 г., данных мер оказалось недостаточно. Одна из основных проблем, повлиявших на эффективность деятельности IAVW, заключалась в отсутствии определенных пороговых значений, которые представляют собой приемлемые уровни концентрации VA для безопасного выполнения полетов в загрязненном воздушном пространстве (ВП). Вопрос о приемлемых уровнях концентрации VA для безопасного выполнения полетов в загрязненном ВП приобрел срочный характер, поскольку облако VA покрыло значительные районы ВП Европы с высокой плотностью воздушного движения. В связи с этим изготовители планеров и двигателей, органы, регламентирующие безопасность полетов, эксплуатанты, метеорологические ведомства и исследовательские общества ввели экспериментальные пороговые значения концентрации VA, которые позволили возобновить полеты. В результате экспериментальные пороговые значения, используемые в ходе кризиса, были включены в «План чрезвычайных действий на случай вулканического пепла регионов EUR/NAT» [7]. Эти пороговые значения были одобрены Европейской группой аэронавигационного планирования (EANPG) и Группой планирования систем в Северной Атлантике (NAT/SPG). Хотелось отметить, что данные пороговые значения концентрации VA в загрязненных районах ВП имеют степень недостоверности и субъективности, полностью не решают проблему, а только заостряют внимание авиакомпаний и провайдера аэронавигационных услуг для принятия совместных решений об ограничениях полетов в данных районах или изменении маршрутов полетов ВС проходящих через зону загрязненную вулканическим пеплом.

#### Состояние вопроса в РФ по организации контроля и наблюдения за вулканической деятельностью

Учитывая обширные территории РФ и наличия на ней две трети действующих вулканов мира, а также осознавая опасность для международной авиации вулканических извержений, которые ежегодно происходят на Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг, международные организации благодаря коллективными усилиями Геологической службы США, Геофизического института Университета Аляски г. Фэрбенкс и Аляскинского отделения Геологической и Геофизической служб США, Аляскинской вулканической обсерваторией (АВО) в сотрудничестве с Камчатским филиалом Геофизической службы Российской академии наук (РАН) на базе Института вулканической геологии и геохимии Дальневосточного отделения РАН создали в 1993 г. Камчатскую группу реагирования на вулканические извержения (KVERT). В 1994 г. группа KVERT была официально зарегистрирована в ИКАО, как представителя РФ по оповещению авиационных и метеорологических служб мира о вулканической опасности для ГА. Для оценки степени опасности извержений вулканов Камчатки, KVERT использует авиационные цветовые коды, разработанные АВО в 1989 г., данный цветовой код представлен в ряде документов [5,7]. С учетом параметров цветовой шкалы опасности вулканов для ГА, группа KVERT составляет еженедельные и внеочередные информационные сообщения о состоянии и опасности вулканов Камчатки и Северных Курил в авиационные компании Камчатки, филиал «Камчатэроавиация» ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» и другим организациям. Как показывает практика, авиационный цветовой код вулканической опасности, не является эффективным средством информирования, так как прогнозные значения перехода из одного состояния вулкана в другое, часто не подтверждаются. Поэтому реагирование на активизацию вулканической деятельности происходит по факту их

возникновения при получении информации из различных источников (экипажи ВС, метеостанции, случайные свидетели). Данные анализируются, производится оценка ситуации, вводятся корректирующие меры с целью избежания попадания ВС в особые условия полета.

Заключение. На данный момент проблема связанная с VA решается, через оповещение и изменение траекторий полета ВС в районах активного вулканизма. В основном это касается магистральных дальних ВС, которые выполняют полеты в верхнем воздушном пространстве (ВВП), по правилам полетов по приборам, проходящие через регионы подверженные вулканическому загрязнению. ВС следующие транзитом в ВВП, реже сталкиваются с VA, так как для них представляют опасность, только сильные взрывные извержения, которые могут оказывать влияние на ВС выполняющие полеты выше 8000 метров.

Однако, основное влияние вулканической активности на деятельность ГА, проявляется в нижнем воздушном пространстве (НВП), здесь ежегодно происходят от 40 до 70 извержений в год, более слабых и не представляющей опасности для «большой» авиации, но оказывающих существенное влияние на деятельность региональной авиации, местных воздушных линий и авиации общего назначения. Именно при полетах в НВП самый высокий уровень аварийности в ГА, так как здесь постоянно присутствуют множество факторов риска и опасностей, связанных влиянием внешней среды, вулканическая угроза одна из них, со своим набором опасных факторов.

Авторы предлагают ранжировать риски по уровню влияния VA на ВС выполняющих полеты на различных высотах (эшелонах-FL), с учетом предоставления метеорологической информации пользователям ВП для различных уровней полета. Подобный подход позволяет вулканическую угрозу рассматривать через призму влияния отдельных факторов опасностей (пепел, выброс вулканических бомб, излияние лавы и т.д.) на разных уровнях (высотах) по степени влияния на ВС находящихся как в полете, так и на земле.

Именно при полетах вблизи вулкана (уровень полета: земля – FL100(3050м), происходят большинство случаев попадания ВС в облака VA, в основном из-за недооценки опасности, недостатков знаний о вулканических процессах, отсутствия методик и рекомендаций выполнения маневрирования при облетах действующих вулканов, когда они находятся в активной фазе. На практике подготовка пилотов по данному виду АР передается от одного пилота к другому в процессе их фактического выполнения в полете, что не может гарантировать полную безопасность при выполнении АР. На авиационных тренажерах, подобные упражнения отсутствуют, в целях обеспечения БП, рационально их применять.

#### *Список литературы*

1. Документ ИКАО 9691 AN/954: Руководство по облакам вулканического пепла, радиоактивных материалов и токсических химических веществ // 3 издание ИКАО. 2015.
2. Документ ИКАО 9766 AN/968: Справочник по службе слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW) // 2 издание ИКАО. 2007.
3. Volcanic ash contingency plan – EUR and NAT regions. EUR Doc 019, Part II. December-2010. This document is issued by the EUR/NAT Office of ICAO Under the Authority of EANPG and the NAT SPG.
4. Приложение 3 ИКАО: Метеорологическое обеспечение международной авиации // 18 издание ИКАО. 2013.
5. Приложение 15 ИКАО: Службы аэронавигационной информации // 13 издание. Июль 2010.
6. Документ ИКАО 9377 AN/915: Руководство по координации между органами обслуживания воздушного движения, службами аэронавигационной информации и авиационными метеорологическими службами // 2 издание. 2001.
7. Документ ИКАО 014: Руководство по SIGMET для Азиатско/Тихоокеанского региона ИКАО // 1-издание ИКАО. 2006.

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ДОСМОТРА БАГАЖА НА ОСНОВЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЕГО ПРОВЕДЕНИЯ В МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ

*Зубков Борис Васильевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности*

*Московский государственный технический университет гражданской авиации  
125493, Россия, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20, bpid@mail.ru*

*Овченков Николай Иванович – кандидат технических наук, председатель совета директоров*

*ООО «ПСЦ «Электроника»  
150001, Россия, г. Ярославль, Большая Федоровская улица, д. 75, ovchenkov@electronika.ru.*

*Юдаев Вячеслав Владимирович – старший преподаватель кафедры обеспечения авиационной безопасности*

*Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева*

*432071, Россия, г. Ульяновск, ул. Можайского, д. 8/8, yvv2210@mail.ru*

*Аннотация.* В статье рассматривается алгоритм управления процессом досмотра багажа на основе количественной оценки качества его проведения. В качестве основного показателя процесса на основании рекомендаций Международной организации гражданской авиации используется коэффициент отказа в пропуске багажа для каждого уровня досмотра. Разработанная на основе аппарата сетей Петри и реализованная в программной среде CPN Tools, имитационная математическая модель многоуровневой системы досмотра багажа позволяет получить необходимые данные для расчета допустимых значений коэффициентов отказа в пропуске багажа для каждого уровня контроля багажа.

*Ключевые слова:* Сеть Петри, авиационная безопасность, управление процессом, досмотр багажа, моделирование.

## CONTROL OF BAGGAGE INSPECTION PROCESS BASED ON THE QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF ITS PERFORMING IN THE MULTILEVEL PROCESSING SYSTEM

*Boris V. Zubkov – Doctor of Technical Science, Professor, Full Professor of Flight and Life Safety Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation*

*Kronshtadtskii bul'var, 20, Moscow, 125493, Russian Federation, bpid@mail.ru*

*Nikolaj I. Ovchenkov, Candidate of Technical Science, Chairman of the Board of Directors of LLC PSC Elektronika*

*Bol'shaya Fedorovskaya str., 75, Yaroslavl, 150001, Russian Federation, ovchenkov@electronika.ru*

*Vyacheslav V. Yudaev, Senior lecturer of Department of providing of aviation security, Ulyanovsk Civil Aviation Institute*

*Mozhaisky str., 8/8, Ulyanovsk, 432071, Russian Federation, yvv2210@mail.ru*

*Abstract.* The article considers the algorithm for controlling the process of baggage inspection based on a quantitative assessment of the quality of its carrying out. As the main indicator of the process, based on recommendations of the International Civil Aviation Organization, the coefficient of denial of baggage allowance is used for each level of inspection. Developed on the basis of the apparatus of Petri nets and implemented in the CPN Tools software environment, an imitation

*mathematical model of a multilevel baggage inspection system allows to obtain the necessary data for calculating the admissible values of the baggage denial rate for each level of baggage control.*

*Keywords: Petri net, aviation security, process control, baggage inspection, modeling*

С учетом возрастающих требований к качеству перевозки пассажиров и грузов на воздушном транспорте, повышаются требования к обеспечению безопасности процесса воздушных перевозок. Для реализации этих требований, одной из действенных мер защиты воздушных судов (ВС) от актов незаконного вмешательства (АНВ) является проведение предполетного досмотра и, в частности, контроль багажа, перевозимого в грузовом отсеке воздушного судна. При этом важно иметь возможность количественно оценивать качество его проведения для принятия управленческих решений, связанных с обоснованием необходимости проведения повторного (дополнительного) досмотра.

Международной организации гражданской авиации (ИКАО) рекомендует соответствующему полномочному органу установить и контролировать *приемлемый коэффициент отказа в пропуске багажа для каждого уровня в системе многоуровневого досмотра багажа, перевозимого в грузовом отсеке*. Показатели, существенно ниже или выше этого значения, будут свидетельствовать о наличии аномалии в возможностях обнаружения и указывать на необходимость принятия соответствующим полномочным органом и/или полномочным органом аэропорта корректирующих действий, когда это применимо [1].

Разработанная на основе аппарата сетей Петри и реализованная в программной среде CPN Tools, имитационная математическая модель многоуровневой системы досмотра багажа, с учетом характеристик досмотрового оборудования, конкретного аэропорта позволяет получить необходимые данные для расчета этих коэффициентов.

Управление процессом досмотра в аэропорту. Эффективность защиты ВС аэропорта от проведения АНВ на их борту во многом определяется степенью реализации возможностей сил, средств и ресурсов САБ аэропорта и обеспечивается управлением подготовкой и применением этих сил, средств и ресурсов в процессе проведения предполетного досмотра. При этом под управлением понимается процесс формирования и оказания управляющей подсистемой аэропорта управляющих воздействий на управляемую подсистему (на силы и средства САБ и других подразделений, обеспечивающих безопасность аэропорта).

Для исключения возможных нежелательных (катастрофических) последствий управление сложными системами в различных сферах деятельности требует предварительного моделирования и количественной оценки результатов для принятия соответствующих управленческих решений.

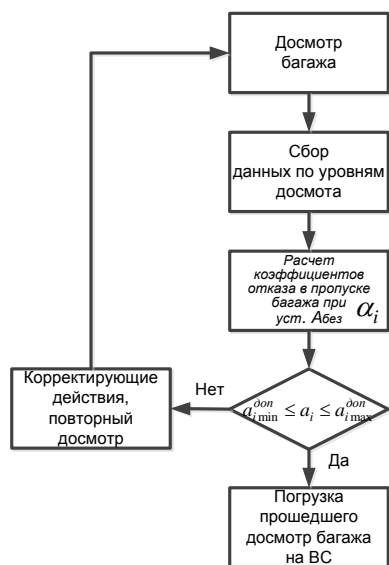
На основании общей модели процесса проведения предполетного досмотра пассажиров, их ручной клади и багажа [2] с помощью аппарата сетей Петри была разработана и реализована в программной среде CPN Tools модель многоуровневого процесса досмотра багажа, перевозимого в грузовом отсеке ВС, позволяющая получать необходимые данные для количественной оценки качества его проведения и управления этим процессом.

Суть управления процессом досмотра багажа заключается в определении с помощью, полученной модели многоуровневого процесса досмотра багажа, допустимых (минимальных, максимальных) значений коэффициентов отказа в пропуске багажа ( $a_{i \min}^{\text{don}}, a_{i \max}^{\text{don}}$ ) на каждом уровне системы досмотра.

При значительном отклонении определяемых в ходе досмотра этих коэффициентов от допустимых значений, принимать необходимые управляющие решения (корректирующие действия). При этом значения коэффициентов отказа в пропуске багажа будут зависеть от действующего (введенного) в рассматриваемый момент времени уровня безопасности на данном объекте транспортной инфраструктуры (ОТИ) аэропорта.

Алгоритм управления процессом досмотра представлен на рис. 1.





$\alpha_i = \frac{n_i^{отк}}{n_i}$  – коэффициент отказа в пропуске багажа на  $i$  – м уровне досмотра;  
 $n_i$  – количество багажа, досмотренное на  $i$  – м уровне;  
 $n_i^{отк}$  – количество багажа, получившего отказ в пропуске на  $i$  – м уровне;  
 $\alpha_{i \min}^{доп}, (\alpha_{i \max}^{доп})$  – минимальный (максимальный) приемлемый коэффициент отказа в пропуске багажа на  $i$  – м уровне досмотра;  
 $A_{без}$  – действующий (введенный) в рассматриваемый момент времени уровень безопасности на данном ОТИ аэропорта.

Рисунок 1 – Алгоритм управления процессом досмотра багажа

### Исходные данные

Для моделирования процесса досмотра багажа в многоуровневой системе его обработки необходимы следующие исходные данные:

- количество уровней досмотра в системе обработки багажа;
- технические характеристики досмотрового оборудования (вероятность обнаружения запрещенных к перевозке предметов и веществ, которые могут быть использованы для совершения АНВ, вероятность их ложного обнаружения);
- процент проверенного багажа на первых двух уровнях досмотра, подлежащий повторной проверке на следующем уровне досмотра (в зависимости от установленного уровня безопасности на ОТИ).

### Порядок действий по управлению процессом досмотра багажа

#### 1. Подготовительные мероприятия:

- уточнить структуру многоуровневой системы досмотра багажа, основные параметры и характеристики применяемого досмотрового оборудования (при необходимости, рассчитать их на основе статистических данных);
- сконфигурировать и адаптировать имитационную модель процесса досмотра багажа, реализованную в программной среде CPN Tools, к реальной структуре многоуровневой системы досмотра багажа в аэропорту с учетом параметров и характеристик применяемого досмотрового оборудования и установленного (объявленного) уровня безопасности на ОТИ аэропорта;
- провести моделирование процесса досмотра багажа необходимое число раз для получения заданной точности моделирования;
- на основе результатов моделирования рассчитать минимальные и максимальные значения коэффициентов отказа в пропуске багажа для каждого уровня системы досмотра багажа (пример – табл. 1 и рис. 2), где  $m$  – номер эксперимента.

Таблица 1 – Результаты моделирования

<b>m</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
$\alpha_1$	0,26	0,29	0,33	0,24	0,30	0,26	0,23	0,28	0,24	0,24	0,31	0,26
$\alpha_2$	0,16	0,12	0,15	0,18	0,22	0,16	0,20	0,19	0,12	0,13	0,18	0,16
$\alpha_3$	0,1	0,13	0,17	0,14	0,14	0,09	0,15	0,08	0,21	0,10	0,08	0,11
$\alpha_4$	0,5	0,5	0,33	0,33	0,25	0,5	0,33	0,5	0,33	0,5	0,5	0,5



Рисунок 2 – Графическое представление коэффициентов отказа в пропуске багажа ( $\alpha_i$ ) по уровням досмотра

1. В процессе досмотра:

- с определенной периодичностью (например, через каждый 1 час работы) рассчитывать коэффициент отказа в пропуске багажа на каждом уровне досмотра и сравнивать его с допустимыми значениями;

- при значительном отклонении определяемых в ходе досмотра (с учетом объявленного уровня безопасности) значений этих коэффициентов от допустимых, принимать необходимые корректирующие действия;

Примечание: С учетом технических возможностей современного досмотрового оборудования и при некоторой доработке программного обеспечения можно выводить результаты процесса досмотра на автоматизированное рабочее место (АРМ) должностного лица.

Таким образом, представленный алгоритм позволяет на основе данных, полученных с помощью имитационной модели принимать обоснованные решения, связанные с проведением корректирующих действий в процессе контроля багажа.

Список литературы

1. Руководство по авиационной безопасности / утв. Ген. секретарем и опубли. с его санкции. 8-е изд. Канада. Монреаль. ИКАО. 2011. 748 с.
2. Юдаев В.В., Зубков Б.В. Применение сетей Петри для моделирования и верификации протоколов обеспечения транспортной безопасности / Информация и Космос. СПб: НТОО «Институт телекоммуникаций». 2016. № 4. С. 156–161.

УДК 519.872.6

**ДЕКОМПОЗИЦИЯ ГРАФОВ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

**Житников Владимир Павлович** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры вычислительной математики и кибернетики

ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет  
450008, Россия, Уфа, ул. К. Маркса, д. 12, zhitnik@mail.ru

**Тимеряев Тимофей Валерьевич** – аспирант кафедры вычислительной математики и кибернетики

ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет  
450008, Россия, Уфа, ул. К. Маркса, д. 12, timeryaev@yandex.ru

**Муксимова Роза Равилевна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики и информатики

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, rose.r.mux@gmail.com

*Аннотация.* В статье рассматривается возможность повышения эффективности работы транспортных сетей большой размерности путем поддержки принятия решений в системе оперативного управления маршрутизацией транспортных средств на основе декомпозиции графовых структур.

*Ключевые слова:* транспортная сеть, нагруженный граф, задача маршрутизации, поиск оптимальных путей, метрические характеристики графа.

## DECOMPOSITION OF TRANSPORT NETWORK GRAPHS FOR THE PURPOSE OF INCREASE OF DECISION MAKING EFFICIENCY

*Zhitnikov Vladimir P. – PhD in Physics and Mathematics, Professor, Department of Computer Sciences and Robotics, Ufa State Aviation Technical University*

*K. Marksa str., 12, Ufa, 450008, Russian Federation, zhitnik@mail.ru*

*Timeryaev Timophey V. – post-graduate student, Department of Computer Sciences and Robotics, Ufa State Aviation Technical University*

*K. Marksa str., 38, Ufa, 450008, Russian Federation, timeryaev@yandex.ru*

*Muksimova Roza R. – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Applied Mathematics and Informatics, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, rose.r.mux@gmail.com*

*Abstract.* The article considers the possibility of increase of overall performance of big dimension transport networks by support of decision-making system of operational management of vehicles routing on the basis of decomposition of graph structures.

*Keywords:* transport network, weighted graph, problem of routing, optimal paths, metric characteristics of graph

В настоящее время актуальной является задача поддержки принятия решений при управлении маршрутизацией транспортных средств, занимающихся перевозкой. Требуется оптимизировать работу системы диспетчеризации транспортных средств с целью минимизации по одному из возможных критериев: суммарный пробег транспортных средств, максимальное и среднее время транспортировки грузов и т.д. [1]. На решение задачи оказывает влияние динамический характер транспортной сети, на которой осуществляется диспетчеризация транспортных средств. При распределении поступающих заявок между транспортными средствами учитываются изменения конфигурации транспортной сети, обусловленные возникающими аварийными ситуациями, перегрузками, природными и другими факторами [2].

### Алгоритмы декомпозиции и поиска кратчайших путей

Метрические характеристики графов дают важную информацию о структурах, представляемых ими. Например, в задачах размещения центр и радиус могут соответствовать наилучшему местоположению пункта обслуживания. Кроме того, метрические характеристики используются ниже при аппроксимации графа.

В начале алгоритма поиска центра и радиуса графа выбирается некоторое количество опорных вершин, и вычисляются расстояния от них до всех остальных вершин. Находятся нижняя  $r_1$  и верхняя  $r_u$  оценки для радиуса и вершина-претендент на центр на данной итерации. После этого из рассмотрения выбрасываются вершины, расстояния от которых не входят в найденные границы. Если в рассмотрении остались вершины, число опорных вершин увеличивается, и снова определяются оценки для радиуса и диаметра. Процесс продолжается до тех пор, пока нижние и верхние оценки не совпадут  $r_1=r_u$  (или совпадут с заданной погрешностью). При этом получают искомые значения радиуса и центра. Количество опорных

вершин ограничено количеством вершин графа, т.е. точное решение получается с помощью конечного количества итераций. При поиске диаметра графа можно считать, что хорошим приближением периферийных вершин являются вершины, часть которых максимально удалена от центра графа. Для графов большой размерности проверка вершин-претендентов на периферийные может занять много времени. Поэтому необходимо изменять подход к поиску диаметра, в зависимости от количества вершин-претендентов, типа, плотности и других параметров графа. Если сложность просмотра пар претендентов относительно невелика, можно ее выполнить. В противном случае – сократить число возможных пар.

Алгоритм поиска диаметра состоит из двух частей:

1) находится одна из центральных вершин графа с использованием описанного выше алгоритма;

2) производится непосредственный поиск диаметра. Из рассмотрения исключаются вершины, которые не могут быть периферийными. После проводится ветвление алгоритма в зависимости от числа оставшихся вершин-претендентов. На основе информации о расстояниях от центральной вершины до остальных вершин графа производится дальнейший поиск диаметра.

Далее решается задача аппроксимации нагруженного графа большой размерности графом меньшей размерности (декомпозиции графа) с целью минимизации разностей расстояний между вершинами исходного графа и соответствующими им вершинами полученного малого графа [3].

Обе задачи аппроксимации:

1) уменьшение размерности аппроксимирующего графа  $G_a$  так, чтобы погрешность аппроксимации  $A_e$  не превосходила заданной величины;

2) уменьшение  $A_e$  при заданной размерности  $G_a$  являются NP-трудными. При некоторых допущениях они формулируются в терминах задачи разбиения графа. Метод декомпозиции графов транспортных сетей с заданной погрешностью, позволяет существенно упростить задачу управления назначениями заданий транспортным средствам.

Предлагается алгоритм «разборки-сборки графа» для решения задачи поиска кратчайших путей между всеми вершинами. На этапе разборки из графа последовательно удаляются вершины, при этом сохраняется информация об удаленной вершине, если путь через нее между смежными с ней вершинами оказался короче, чем прямой путь. В результате разборки остаются две вершины, между которыми устанавливается кратчайший путь. На этапе сборки очередная вершина присоединяется к подграфу, между вершинами которого кратчайшие пути уже установлены. Поэтому при поиске оптимальных путей от присоединяемой вершины до вершины этого подграфа необходим перебор путей, состоящих только из одного и двух шагов. В результате сборки графа получаем матрицу кратчайших расстояний и матрицу последователей, по которой можно восстановить кратчайший путь между любыми двумя вершинами.

Были проведены вычислительные эксперименты для оценки эффективности разработанных алгоритмов поиска кратчайших путей, нахождения метрических характеристик и аппроксимации графов. В качестве тестовых данных использованы несколько наборов графов: графы дорожных сетей крупнейших городов России и других стран, сгенерированные полные графы со случайными весами ребер. Разработанный алгоритм поиска кратчайших путей графа сравнивается с различными реализациями эффективного на практике [4] алгоритма Дейкстры из библиотеки Boost Graph Library [5]. Отмечено преимущество разработанного алгоритма в скорости решения в 3-10 раз по сравнению с известными. Алгоритм поиска центра и радиуса графа сравнивается с алгоритмом поиска распределения эксцентриситетов графа и поиском радиуса графа решением задачи о кратчайших путях. Полученные результаты демонстрируют преимущество разработанных алгоритмов по числу решений задачи определения оптимальных путей в среднем на 30%.

**Заключение.** Предложенные методы и алгоритмы позволяют решать задачи маршрутизации транспорта в реальном масштабе времени. Проведенный с помощью вычислительного эксперимента анализ эффективности разработанного программного обеспечения позво-

ляет говорить о сокращении общей протяженности маршрутов при оперативном управлении маршрутизацией транспортных средств на 15%, времени подачи транспортных средств на 18% и увеличении числа выполняемых заказов на 9%

#### *Список литературы*

1. Ураков А. Р., Тимеряев Т. В. Разбиение графа с минимизацией средних перемещений // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. СПб. 2011. № 5. С. 96–99.
2. Житников В. П., Ураков А. Р., Тимеряев Т. В. Оценка достоверности и аппроксимация информации, представленной взвешенным графом // Вестник УГАТУ. 2013. Т. 17. № 2 (55). С. 50-52.
3. Ураков А. Р., Тимеряев Т. В. О двух задачах аппроксимации взвешенных графов и алгоритмах их решения // Прикладная дискретная математика. Томск: ТГУ. 2013. № 3 (21). С. 86-92.
4. Zhan F.B. Three Fastest Shortest Path Algorithms on Real Road Networks: Data Structures and Procedures // Journal of Geographic Information and Decision Analysis. Vol.1(1). 1997. PP. 69-82.
5. The Boost Graph Library 1.58.0: [http://www.boost.org/doc/libs/1\\_58\\_0/libs/graph/doc/](http://www.boost.org/doc/libs/1_58_0/libs/graph/doc/) (дата обращения: 06.08.2015).

## **ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

*Иванович Тимур Леонидович – ведущий инженер*

*Осадчий Александр Иванович – доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора по научной работе*

*Осадчий Сергей Александрович – инженер*

*АО «Научный центр прикладной электродинамики»*

*190103, Россия, Санкт-Петербург, ул. Менделеевская, д. 8, office@scaegroup.com*

*Аннотация.* Рассмотрена возможность создания беспилотных летательных аппаратов на основе высокотехнологичных и отечественных решений. В статье предложены направления по обеспечению надежности беспилотных летательных аппаратов. Определен ряд требований к надежности.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, надежность, структурная и функциональная надежность, конструкция.

## **PROBLEMS AND DIRECTIONS OF IMPROVING THE RELIABILITY OF UNBEILED FLYING APPARATUSES**

*Ivanovich Timur L. – Lead engineer*

*Osadchiy Alexander I. – Doctor of Technical Science, Professor, Deputy Director*

*Osadchiy Sergey A. – engineer*

*Scientific Centre of Applied Electrodynamics*

*Mendeleevskaya str., St.Petersburg, 190103, Russian Federation, office@scaegroup.com*

*Abstract.* The possibility of developing unmanned aerial vehicles based on high technology and domestic solutions is considered. The article proposes directions for ensuring the reliability of unmanned aerial vehicles. A number of requirements for reliability are defined.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, reliability, structural and functional reliability, design.

Применимость беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в настоящее время очень широко развивается. Основная цель применения это дистанционное зондирование земли, мониторинг объектов и субъектов, находящихся на удалении в реальном масштабе времени. Это нужно когда необходимо оценить ситуацию и принять решение на опережение, с целью повышения эффективности функционирования системы и процесса, мониторинг которого осуществляется.

Необходимость разработки отечественных БПЛА опирается на разработанную стратегию для реализации «Основных направлений государственной политики в области развития систем связи для нужд обороны страны, безопасности государства и поддержания правопорядка на период до 2020 года» и состояние дел в отрасли.

Для чего одной из основных проблем при функционировании БПЛА является задача повышения его надежности. При этом проблема обеспечения надежности должна быть как самого БПЛА, то есть структурная, а вторая проблема это надежность функциональная. При этом каждый заказчик-потребитель, исходя из объекта мониторинга, предъявляет почти одинаковые требования к структурной надежности, а вот к функциональной надежности всегда требования разные.

Структурную надежность обеспечивает конструкция, которая обеспечивается за счет числа, размера, вида крыльев, винтов, шасси, топливной системы, системы управления (аппаратно-программный комплекс) и электропитания. Все это влияет на технологию управления, взлета, полета и посадки. Для рассмотрения направлений улучшения надежности предлагается рассмотреть беспилотный летательный аппарат, который должен включать в себя ряд подсистем: планер БПЛА; двигательная подсистема; подсистема электропитания; бортовое и навесное (функциональное) оборудование; подсистема управления. Каждая подсистема, входящая в БПЛА обеспечивает вклад в целом требуемый коэффициент надежности. Если бортовое и навесное (функциональное) оборудование (МПН) больше влияет на функциональную надежность, то остальные четыре подсистемы в явном виде влияют на структурную надежность. А в целом все подсистемы коррелированы и обеспечивают как структурную, так и функциональную надежность, так как они полностью взаимосвязаны и взаимозависимы.

Планер БПЛА. конструкция должна позволять размещать съемные модули полезной нагрузки (МПН) разного веса и габарита (в неких пределах) при сохранении центровки БПЛА, вплоть до применения сбрасываемых МПН. Конструкция должна иметь повышенную прочность и жесткость и допускать взлет/посадку по самолетному с ВПП, взлет с катапульты и посадку на парашюте. Конструкция должна позволять эксплуатировать БПЛА в условиях «трехстихийной амфибийности»: лед - вода - неподготовленная поверхность. Конструкция должна предусматривать интегральное размещение антенн всех радиоэлектронных систем обеспечивающих функционирование собственно БПЛА и МПН с минимальными аэродинамическими потерями для планера БПЛА.

Двигательная подсистема должна обеспечивать дублирование основных двигателей с возможностью закончить полет или безаварийно осуществить посадку на одном двигателе. Особенно важен этот аспект при применении БПЛА над местностью с плотной застройкой.

Подсистема электропитания должна включать в себя: генератор (или стартер-генератор), выпрямитель, зарядный преобразователь питания с преобразователь питания для режима стартера, буферную аккумуляторную батарею, систему преобразователей для питания бортовых потребителей БПЛА и МПН. Для решения проблем электромагнитной защищенности все преобразователи должны иметь помехоподавляющие цепи по входу и выходу. Кроме того, подсистема электропитания должна обеспечивать дублирование генераторов, буферных АКБ и системы преобразователей питания бортовых нагрузок БПЛА и МПН, а также термостабилизацию режима работы системы преобразователей и АКБ.

Задача создания БПЛА - многодисциплинарная и требует системного подхода, а так же знаний и опыта в нескольких совершенно разных областях [1] у руководителя команды, работающей над ней.

От структурной надежности, то есть от конструкторских решений и зависит:

1. Технология взлета и посадки: «вертикальная» или «горизонтальная».
2. Объем, тип и число двигателей и топлива влияет на время полета.
3. Режим полета: «самолетный», «вертолетный» или «конвертопланый».
4. Грузоподъемность, это позволяет реализовывать возможность взять на борт навесное оборудование, обеспечивающее полноту и объем функциональности мониторинга, а от этого зависит функциональная надежность.

Технология взлета и посадки очень критична, например, при мониторинге высоковольтных сетей, подстанций и других элементов «Россетей» в условиях Севера, непроходимой или сильно пересеченной местности, где нет полей длиной до 300 метров и невозможна «горизонтальная» посадка. В этих условиях возможна технология взлета и посадки только «вертикальная».

Проблема обеспечения скрытности и разведзащищенности. Решение данной проблемы является отдельным направлением и возможно за счет применения радиопоглощающих материалов и других технологий, обеспечивающих скрытность и разведзащищенность, что также влияет на надежность.

Проблема управления БПЛА осуществляется, как правило, на основе аппаратно-программного комплекса (АПК) системы управления (СУ), находящегося на борту с прошитым программным обеспечением на PLIC и настроенным программным обеспечением на конкретный маршрут полета. В ходе эксплуатации БПЛА есть вероятность выхода из строя АПК системы управления. В целях повышения надежности АПК системы управления при разработке программного обеспечения необходимо предусмотреть его модульность и дублирование. Отдельно должен быть разработан модули «автопилота», «огибания», «аварийной посадки», «самоуничтожения накопителя SSD» и другие. Это позволит при сбое АПК системы управления, особенно настроенным программным обеспечением на конкретный маршрут полета, включать режим «автопилота», что обеспечить возврат БПЛА в запланированный район. В составе АПК системы управления должно быть программное обеспечение мониторинга и диагностики как самого БПЛА, так и окружающей среды во время выполнения полетного задания. Для того, чтобы в режиме реального времени осуществлять дистанционное зондирование земли (ДЗЗ) необходимо развернуть систему БПЛА исходя из масштаба мониторинга территории, объекта и требуемых данных мониторинга. Исходя из этого, определяется число беспилотников одновременно находящихся в воздухе, места размещения наземных базовых станций их связность (удаленность) с возможностью выхода базовых станций в сеть связи общего пользования. То есть определяется структура системы связи и в воздухе и на земле.

Навесное (функциональное) оборудование (МПН) при дистанционном зондировании земли, как правило, включает в себя:

1. Блок обработки и хранения информации, который обеспечивает сбор, обработку, прием и передачу информации между всем функциональным оборудованием, это «сердце» функционального оборудования на БПЛА.

2. Радиолокатор с синтезированной апертурой (РСА) предназначен для проведения радиолокационного контроля подстилающей земной поверхности с борта БПЛА, в том числе, ночью, в условиях низкой облачности, тумана, задымления и т.п. Применение возможно при анализе состояния полей, ледовой обстановки в условиях Арктики и Антарктики, пожаров и состояния лесных массивов и сельхозугодий, поиск объектов и субъектов, а также выявление металлических (проводящих) объектов под растительностью и снежным покровом.

3. Камеры: ИК диапазона или мультиспектральные. В настоящее время требования к изображению повышаются до 30 пикселей, это является одним из критических параметров при оценке эффективности видеопотока с БПЛА [2].

4. Микрофоны (звуковой канал) [3].

5. Магнитометры на БПЛА могут использоваться для проведения аэрогеофизических съемок. Для сопоставления пространственных изменений магнитного поля Земли для множества полезных применений. Магнитные и градиентные съемки, проводимые БПЛА, могут проводиться в районах, которые являются слишком опасными, слишком удаленными или

слишком дорогими для эквивалентных наземных или воздушных исследований с использованием пилотируемых самолетов. Магнитно-резонансные исследования, проводимые БПЛА, могут предоставлять качественные данные в средах, где топография и стандарты безопасности запрещают пилотируемым самолетам получать данные при оптимальных разрешениях на рельеф местности [4].

6. Анализатор электромагнитного спектра реального времени. Для: анализа спектра и импульсных сигналов, возникающих например, при пробоях изоляторов на ЛЭП, отображение спектра/спектрограммы в режиме реального времени для быстрого поиска переходных процессов и источников помех, для пеленгации, анализа модуляции, анализа сигналов и т.п. [5].

7. Радиомодем, который должен обеспечивать передачу данных на наземную станцию от блока обработки информации со скоростью от 100 Мбит/сек.

8. Широкополосные, как правило, не направленные антенны. Коэффициент усиления и коэффициент полезного действия, которых максимально увеличен для того, чтобы обеспечить самую большую всенаправленную чувствительность от крайне низкой частоты 20 МГц до крайней верхней частоты 21 ГГц. [6].

Проблема обеспечения надежности управления и информационной безопасности на уровне сбора, обработки, приема и передачи данных. Система связи и управления может быть частично и локально реализована на БПЛА и обеспечивать сбор, обработку и хранение информации на борту требуемое время. Структура системы связи в воздухе и на земле предъявляет требования к возможностям оборудования по пропускной способности. Оборудование должно быть двух типов, абонентское оборудование, которое находится на борту или на земле, выходящее на базовые станции и базовое оборудование, это базовые станции. При построении сети передачи данных между БПЛА и наземными базовыми станциями должна строиться сеть. Одна базовая станция должна обеспечивать одновременную работу нескольких БПЛА. Поэтому радиомодем должен быть на борту как минимум двухканальным и работать не только в оконечном, но и в режиме ретрансляции, обеспечивая работу сети.

При решении задач функциональной надежности необходимо учитывать не только состав оборудования, но его тип, а также число и тип разъемов (портов), обеспечивающих работу по тому или иному порту. Все это влияет на скорость передачи данных и качество функционирования. Например, какая модель видеокамеры (число формируемых кадров в сек), какое разрешение матрицы видеокамеры, характеристики канала передачи данных с БПЛА на землю, объем памяти устройства хранения на БПЛА, а какая минимальная и максимальная скорость передачи данных радиомодемом с БПЛА на землю, это зависит и от других многих условий и алгоритмов работы МПН, какой общий вес каждого изделия и всего навесного оборудования в целом. Функциональная надежность во многом зависит от устойчивой и непрерывной работы канала передачи данных с борта БПЛА на землю, с заданной пропускной способностью. Обеспечение надежного функционирования в условиях нестационарности среды распространения сигнала и возникновения радиопомех как преднамеренных, так и непреднамеренных при передаче данных. Большую роль играет скорость передачи данных, устойчивость функционирования. Возможность передачи данных обработанных при пропадании и восстановлении канала связи, обеспечивая непрерывность и адекватность информационного процесса при сборе, обработке и передаче информации с БПЛА на землю.

Таким образом, две проблемы обеспечения надежности, определяют пути и требования к разработчикам по реализации возможностей при разработке беспилотных летательных аппаратов.

#### *Список литературы*

1. УДК 629.7.01 ББК 30.2 К 63 «Выбор облика летательного аппарата с использованием технологии многодисциплинарной оптимизации» [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. А. Комаров, А. С. Кузнецов; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). Электрон. текстовые и граф. дан. (7 Мбайт). Самара, 2012. 1 эл. опт. диск (CD-ROM).



2. <https://www.micasense.com/parrotsequoia/>
3. [http://microflown.ru/usp\\_regular/](http://microflown.ru/usp_regular/)
4. <http://www.gemsys.ca/uavs-pathway-to-the-future/>
5. [https://www.rohde-schwarz.ru/products/test\\_and\\_measurement/spectrum\\_analysis/FPH/](https://www.rohde-schwarz.ru/products/test_and_measurement/spectrum_analysis/FPH/)
6. [http://zelpribor.com/products/kip/import/aerial\\_systems/aerial\\_aritsu/a2000-1616\\_/](http://zelpribor.com/products/kip/import/aerial_systems/aerial_aritsu/a2000-1616_/)

УДК 338.47:656.613/.615(985)

## **АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ ПОДХОДОВ К СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ НА ЕВРОПЕЙСКОМ И ПРИУРАЛЬСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ**

*Киселенко Анатолий Николаевич – доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор, заведующий лабораторией проблем транспорта*

*ФГБУН Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук*

*167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26, kiselenko@iespn.komisc.ru*

*Сундуков Евгений Юрьевич – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта*

*ФГБУН Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук*

*167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26, translab@iespn.komisc.ru*

*Аннотация. В работе представлен анализ железнодорожных, автомобильных и речных подходов к опорным и вспомогательным портам Северного морского пути, расположенным на Европейском и Приуральском Севере России. Цель работы – оценить существующее состояние и определить перспективные направления развития транспортных подходов к морским портам Арктической зоны Российской Федерации. Новизна работы заключается в рассмотрении транспортных подходов в отношении к конкретно выбранному порту, а не в разделении транспортных подходов к портам по видам транспорта.*

*Ключевые слова: Европейский и Приуральский Север, Северный морской путь, железнодорожные, автомобильные и речные подходы к морским портам.*

## **THE ANALYSIS OF TRANSPORT WAYS TO THE NORTHERN SEA ROUTE IN THE EUROPEAN AND CISURAL NORTH OF RUSSIA**

*Kiselenko Anatoly N. – Doctor of Technical and Economics Sciences, Professor, Head of the Laboratory of transportation problem*

*Syndykov Evgeny U. – PhD, senior researcher of the Laboratory of transportation problems, Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Science Centre*

*Kommunisticheskaya str., 26, Syktyvkar, Respublika Komi, 167982, Russian Federation, translab@iespn.komisc.ru*

*Abstract. In article the analysis of railway, automobile and river approaches to the support ports and auxiliary ports of the Northern Sea Route, located in the European and Cisural North of Russia, is carried out. The purpose of work – to estimate the existing condition and to define the perspective directions of development of transport's approaches to seaports of the Arctic zone of the Russian Federation. The novelty of article consists in reviewing of transport approaches to specifically selected port, but not in division of transport approaches to ports for means of transport.*

*Keywords: European and Cisural North, Northern Sea Route, railway, automobile and river approaches to seaports.*

К Европейскому и Приуральскому Северу России (ЕиПСР) относятся субъекты РФ: Архангельская, Вологодская и Мурманская области, республики Коми и Карелия, Приуральский и Ямальский муниципальные районы Ямало-Ненецкого автономного округа. Транспортная сеть ЕиПСР представлена железными и автомобильными дорогами, внутренними водными путями, а также авиационными сообщениями. В таблице 1 показано наличие железнодорожных, автомобильных подходов и речных путей к основным и вспомогательным портам Северного морского пути на территории Европейского и Приуральского Севера России.

*Таблица 1 – Характеристика опорных и вспомогательных портов Северного морского пути на территории Европейского и Приуральского Севера с указанием наличия подходов к ним\**

№ п/п	Наименование порта	Грузооборот порта в год (тыс. тонн)		Средняя продолжит. навигации (суток)	Глубина у причалов (м)	наличие подходов			
		2015	2016			железнодорожные	автомобильные		речные
							с тв. покр	зимники	
1.	Мурманск	22045	33450	круглогод.	2,0-19,5	+	+		–
2.	Кандалакша	830	800	круглогод. с ледокол. сопровод.	3,6-7,2	+	+		–
3.	Беломорск	--	--	150	3,5-5,0	+	+		+
4.	Онега	80,2	--	150	5,5-6,0	+	+		+
5.	Архангельск	3758	2600	круглогод. с ледокол. сопровод.	2,5-10,3	+	+		+
6.	Мезень	8,6	--	150	4,2-4,3**	–	–	+	+
7.	Нарьян-Мар	134	99,4	150	5,5-6,0	–	–	+	+
8.	Индига	--	--	185, круглогод. с ледоколом малой мощн.	18,0	–	–	+	–
9.	Варандей	6582	8000	круглогод. с ледокол. сопровод.	3,5-14,2**	–	–	+	–
10.	Амдерма	--	--	150	1,2-2,0	–	–	+	–
11.	Усть-Кара	--	--	120	3,0	–	–	+	–
12.	Харасавей	--	--	круглогод. с ледокол. сопровод.	4,0-4,5**	–	–	+	–
13.	Сабетта	538	356	круглогод. с ледокол. сопровод.	15,2	–	–	+	+

-- - нет данных

\* - составлено на основании официального портала Подпрограммы 10 «Единая система информации об обстановке в Мировом океане» в рамках ФЦП Мировой океан.

URL: <http://www.russianports.ru/> (23.10.2017).

\*\* - осадка судов

*Мурманский морской торговый порт* является крупнейшим портом на территории ЕиПСР и одним из важнейших портов всей РФ. Порт занимает четвертое место в России по объёму перерабатываемых грузов и второе по величине на Северо-Западе (после порта в Санкт-Петербурге). К порту подходит железная дорога, обслуживаемая Мурманским и Пет-

розаводским регионами Октябрьской железной дороги ОАО РЖД) и автомобильная дорога федерального значения М-18 «Кола» (Санкт-Петербург – Петрозаводск – Мурманск – граница с Норвегией). Сдерживающим фактором развития Мурманского транспортного узла является дефицит возможностей железной дороги по сравнению с мощностями портовой инфраструктуры. Для ликвидации такого ограничения был разработан проект «Комплексное развитие Мурманского транспортного узла» [1], который предполагал проведение строительства железной дороги на западный берег Кольского залива. Проект вошел в перечень 17 наиболее перспективных проектов Арктической зоны Российской Федерации, включён в Перечень приоритетных инвестиционных проектов Северо-Западного федерального округа, соответствует Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года и Программе развития угольной промышленности Российской Федерации до 2030 года. После 2014 года проект столкнулся с дефицитом бюджетных средств. В связи с этим Президент РФ по итогам совещания по вопросам развития транспортной инфраструктуры Северо-Запада поручил правительству страны принять исчерпывающие меры по реализации проекта «Комплексное развитие Мурманского транспортного узла» в установленные сроки, уточнив финансово-экономическую модель проекта, перечень включённых в него объектов, а также состав и обязательства участников проекта [2].

Железная дорога и автомагистраль М-18 подходят к порту Кандалакша. Основной груз *Кандалакшского морского торгового порта* – каменный уголь энергетических марок. Причалы порта оснащены железнодорожными и автомобильными подъездными путями, имеются обширные складские площади как крытые, так и открытые площадки.

К порту Беломорск помимо железнодорожных и автомобильных подъездов подходит водный транспортный путь Беломорско-Балтийского канала, имеющего протяжённость в 227 км с подходными каналами от Онежского озера до Белого моря, из них почти 40 км составляют искусственные пути. Имеется причал, к которому могут подходить суда с осадкой до 3,5 м. Существуют проекты строительства нового круглогодично действующего морского порта с универсальным погрузочно-разгрузочным комплексом мощностью 9 млн. т/год. В настоящее время объёмы грузоперевозок по Беломорско-Балтийскому каналу составляют около 500 тыс. т/год.

*Онежский морской порт* расположен на правом берегу реки Онега, при ее впадении в Онежскую губу Белого моря. Вход в реку Онега осуществляется по восточному Карельскому фарватеру. Глубина фарватера реки составляет до 5,2 м. В порту имеется четыре лесозаготовительных причала. Порт Онега связан с железнодорожной сетью страны. Автомобильное сообщение имеется с городами Североморск и Мирный.

*Архангельский морской торговый порт* принимает и отправляет пиломатериалы, целлюлозу, уголь, металлы, оборудование, промышленные и продовольственные товары. Мощности порта позволяют перерабатывать до 4,5 млн. т грузов в год. В составе порта имеется: 3 грузовых района, контейнерный терминал, судоходная компания «Портофлот», морской-речной вокзал. К порту подходит железная дорога (Архангельский регион Северной железной дороги ОАО РЖД) и автомобильная дорога федерального значения М-8 «Холмогоры» (Москва – Ярославль – Вологда – Архангельск), а также водный путь по реке Северная Двина. Непосредственный железнодорожный подход к порту является однопутным. Автотранспортом грузы в терминал «Экономия» доставляются через город - по мосту, который построен в 1956 году и не рассчитан на современные нагрузки. Неразвитость транспортных подходов является «узким местом» Архангельского порта, пропускная способность которого используется только наполовину [3]. Строительство глубоководного порта «Северный» в 50 км севернее Архангельска в районе бухты «Сухое море» не является кардинальным решением проблемы, поскольку в этом случае придется проложить транспортные коммуникации по сильно заболоченной и пересеченной местности. Также остается другая проблема Архангельского порта – замерзающая в холодное время года горловина Белого моря, что исключает морской транспорт без ледокольного сопровождения. Кроме того, если местом расположения порта станет «Сухое море», потребуются регулярная работы по вычистке ила, который сюда будет постоянно заносить морским течением [4].

*Мезенский морской порт* расположен на берегах реки Мезени в 45 км от её впадения в Мезенскую губу Белого моря. Предельная осадка судов, которые могут входить в порт, колеблется обычно от 3,9 м до 4,2 м при полной воде. Специализированных причалов для погрузки-выгрузки морских судов в порту нет. Грузовые операции выполняются на внутреннем рейде с помощью четырех плавкранов грузоподъемностью 5 т и семи несамоходных барж. Порт Мезень не имеет связи с железнодорожной сетью ЕиПСР, основные грузы завозятся каботажом из Архангельска. На маршруте Архангельск – Мезень в летнее время проезд автотранспорта обеспечивается паромными переправами и понтонными мостами.

Протяженность внутренних водных путей на территории Архангельской области, проходящих по рекам Северная Двина, Вычегда, Пинега, Мезень и Онега составляет 3443 км, в том числе с гарантированными глубинами – 2463 км. Ежегодно по рекам региона перевозится около 1 млн пассажиров и более 2 млн т различных грузов. В настоящее время только Северная Двина имеет полную летнюю навигацию, остальные же реки используются в качестве транспортных путей лишь весной, в период половодья. Основными проблемами внутреннего водного транспорта является устаревший флот (средний возраст судов – 33 года), а также обмеление рек [5].

*Морской порт Нарьян-Мар* расположен в 70 милях от устья реки Печора, впадающей в Печорскую губу Баренцева моря, и включает в себя терминалы: морской терминал Нарьян-Мар и *морской терминал Амдерма*. Порт доступен для судов с осадкой до 3,6 м, длиной не более 114 м, шириной до 14 м. В порту имеется 4 причала общей длиной 384,6 м, с глубинами у причальных стенок до 6,0 м. Обработка судов в порту производится как у причалов, так и на рейде. Глубина в местах рейдовой обработки от 7 до 10 м. Мощность порта составляет 500 тыс. т в год. Порт не имеет связи с железнодорожной сетью России. Ближайшая железнодорожная станция Усинск находится на расстоянии 350 км. В зимнее время между Усинском и Нарьян-Маром осуществляется автомобильное сообщение по зимнику. Использование зимников ограничено: они закрываются на время снежной пурги, а также становятся недоступными для использования в светлое время суток при недостаточно низких температурах. В период летней навигации по р. Печора осуществляется перевалка грузов с железной дороги на речной транспорт в г. Печора и их отправка до порта Нарьян-Мар.

*Порт Варандей* – морской отгрузочный терминал представляет собой стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал, предназначенный для экспорта морским путём нефти, добываемой нефтяной компанией «Лукойл» и другими нефтяными компаниями в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции [6]. Введен в эксплуатацию в июне 2008 года. Терминал установлен в Баренцевом море на удалении 22 км от берега в районе поселка Варандей Ненецкого автономного округа. Глубина в месте установки составляет 17 метров. Терминал функционирует круглогодично, для работы в зимний период привлекаются ледокольные суда. Отгрузочный причал соединен с берегом двумя нитками подводного трубопровода. Кроме самого причала в комплекс терминала входят: межпромысловый нефтепровод протяженностью 158 км; береговой резервуарный парк емкостью 325 тыс. м<sup>3</sup>; насосная станция; объекты энергообеспечения; танкерный и вспомогательный флот, состоящий из трех челночных танкеров дедвейтом 70 тыс. т, ледокола и буксира, а также вахтовый поселок. Пропускная способность терминала составляет 12 млн т нефти в год (240 тыс. баррелей в сутки). До вахтового поселка Варандей нет круглогодичной дороги. Зимой здесь намораживаются ведомственные зимники, а также зимник на Нарьян-Мар – наливается вода и разравнивается тракторами с привязанными к ним трубами. При малой высоте снега опасность представляют сходы с зимника, в результате чего транспортные средства могут провалиться и переверачиваться.

В Стратегии развития железнодорожного транспорта до 2030 года прописано строительство железных дорог от г. Воркуты до портопунктов *Усть-Кара* и *Амдерма* [7], на уровне президиума Государственной комиссии по вопросам развития Арктики озвучены планы строительства на побережье Байдарацкой губы порта Арктур. Однако, мелководье в акваториях этих портов и навигационная обстановка в Байдарацкой губе не позволят использовать эти порты в качестве опорных для СМП. Они могут иметь вспомогательное значение.

Магистраль Коноша – Воркута (Чум) – Лабытнанги направлена на северо-восток к Приуральскому Северу. Это позволяет использовать речной порт Лабытнанги, относящийся к порту Салехард, для перевалки грузов с железной дороги, отправки их до порта Сабетта и в обратном направлении. К ветке Чум – Лабытнанги на ст. Обская примыкают железнодорожные пути ОАО «Газпром», доходящие до станции Бованенково и соединяющие нефтегазовые месторождения п-ва Ямал с магистральной железнодорожной сетью.

Проект строительства *морского порта Сабетта* на полуострове Ямал в районе поселка Сабетта с целью освоения Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения реализуется с 2011 года по схеме государственно-частного партнерства. Проект предполагает создание транспортного терминала на полуострове и осуществляется в целях обеспечения эффективного освоения Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения, строительства завода СПГ и морского порта по перевалке сжиженного природного газа в объеме 16,5 млн т и газового конденсата в объеме 1,35 млн т. После запуска завода по производству СПГ планируется организация железнодорожного сообщения Бованенково – Сабетта. В настоящее время наземное транспортное сообщение к портам *Сабетта* и *Харасавей* осуществляется по зимникам от станции Бованенково.

Перспективы улучшения транспортного сообщения между субъектами, входящими в состав ЕиПСР, а также их транзитного потенциала и, соответственно, повышение эффективности использования портов связано со строительством участков дорог, входящих в состав Северного транспортного коридора Санкт-Петербург – Медвежьегорск – Каргополь – Котлас – Сыктывкар – Кудымкар – Пермь с подъездами к Воркуте, Нарьян-Мару, Салехарду, Соликамску [8]. А это позволит рассматривать в качестве подъездных путей к портам Нарьян-Мар и Салехард автомобильные дороги, являющиеся продолжением трассы федерального значения Р-176 «Вятка» (Сыктывкар – Киров – Йошкар-Ола – Чебоксары).

К основным проектам, направленным на развитие железнодорожной сети ЕиПА относятся: Белкомур (обеспечение транспортной связи Среднего Урала через Республику Коми с портами Архангельска и Мурманска), Баренцкомур (обеспечение транспортной связи Среднего Урала с перспективным портом Индига) [9], Северный широтный ход (транспортный выход Ямало-Ненецкого автономного округа и севера Красноярского края на железнодорожные магистрали Европейской части России).

Работа подготовлена как задельная проекта №18-9-7-15 «Анализ и прогноз обеспечения Арктической транспортной системы транспортными подходами на Европейском и Приуральском Севере России» Комплексной программы УрО РАН 2018-2020 гг.

#### *Список литературы*

1. Большаков Е.А, Петко О.В, Фридкин В.Н. Роль Мурманского транспортного узла в развитии Арктического региона / Электронный научный журнал «Управление экономическими системами» » [Электронный ресурс]. URL: [http://uecs.ru/index.php?option=com\\_flexicontent&view=items&id=3922](http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=3922) (дата обращения 07.04.2017).
2. Правительству поручено разобраться с финансированием Мурманского транспортного узла / Сетевое издание «МК в Мурманске» [Электронный ресурс]. URL: <http://murmansk.mk.ru/articles/2017/09/19/pravitelstvu-porucheno-razobratsya-s-finansirovaniem-murmanskogo-transportnogo-uzla.html> (дата обращения 19.09.2017).
3. Архангельский порт работает вполсилы из-за плохих дорог / Информационное агентство «Арктика-Инфо». URL: <http://www.arctic-info.ru/news/03-02-2017/arhangelskiy-port-rabotaet-vpolsily-iz-za-plohih-dorog/> (дата обращения 03.02.2017).
4. Началась подготовка к строительству архангельского глубоководного порта / Сетевое издание «Регион 29». URL: <https://region29.ru/2017/02/09/589c8fde2817ca177300834d.html> / (дата обращения 09.02.2017).
5. Объем перевозки грузов по ВВП Архангельской области в 2017 году вырастет до 2,5 млн. тонн / Информационное агентство «ПортНьюс». URL: <http://portnews.ru/news/238614/> (дата обращения 05.05.17).

6. Доставка грузов в Варандей. Грузоперевозки в морской порт Варандей / Сайт АО «Беломортранс». URL: <http://belomortrans.ru/ru/area-delivery/szfo/nao/varandey> (дата обращения 04.09.2017).

7. Киселенко А.Н. О развитии транспортной системы Европейского Севера России // Региональная экономика: теория и практика. 2014. №11 (338). С. 2-11.

8. Киселенко А.Н., Малащук П.А. Анализ и развитие наземной сети путей сообщения Европейской и Приуральской Арктики // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015. СПб: ИПТ РАН. 2015. Том 1. С. 31-36.

9. Порт Индига обеспечит России еще один выход к Мировому океану – губернатор НАО / Информационное агентство «Морвести.Ру». URL: <http://www.morvesti.ru/detail.php?ID=52849> (дата обращения 29.02.16).

УДК 629.566

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ФЛОТА РОССИИ

*Баскин Юрий Григорьевич – доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, bask-01@mail.ru*

*Свидзинская Галина Борисовна – кандидат химических наук, доцент, профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, gns2@mail.ru*

*Аннотация.* Рассмотрены актуальные вопросы состояния аварийно-спасательного флота Российской Федерации, отмечены основные направления его модернизации, проходящие в рамках реализации Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010-2020 годы)». Показано, что строительство новых многофункциональных и специализированных кораблей-спасателей осуществляется на отечественных верфях.

*Ключевые слова:* аварийно-спасательный флот, многофункциональные и специализированные суда-спасатели, пожарные суда.

## TOPICAL ISSUES OF MODERNIZATION AND DEVELOPMENT EMERGENCY FLEET OF RUSSIA

*Baskin Yuri G. – Honorary figure of Russian higher education, D.Sc., professor, professor of fire, rescue equipment and vehicle fleet department, Saint-Petersburg University of State fire service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, bask-01@mail.ru*

*Svidzinskaya Galina B. – PhD, associate professor, professor of physical and chemical principles of combustion and fire suppression department, Saint-Petersburg University of State fire service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, gns2@mail.ru*

*Abstract.* Deals with topical issues of the Russian Federation rescue fleet state. The main directions of its modernization, which are taking place in the framework of the Federal target program “Development of transport system of Russia (2010-2020)”, are marked. It is shown that the

*construction of new multipurpose and special purpose salvage vessels realizes at the domestic shipyards.*

*Keywords: rescue fleet, multipurpose and special purpose salvage vessels, fire-fighting vessels.*

Обеспечение безопасности на водных объектах регламентируется международными договорами и внутренним законодательством страны. Без современного спасательного флота невозможно обеспечить ни безопасную транспортировку людей и грузов, ни гарантировать безаварийную работу портовых сооружений. В настоящее время в рамках Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010-2020 годы)» Росморречфлотом реализуется строительство 41 единицы современных аварийно-спасательных судов различного назначения [1].

В зависимости от поставленных задач и зоны обслуживания спасательные суда делятся на комбинированные и специализированные (например, пожарные). В открытом море, на крупных водных объектах для проведения аварийно-спасательных работ целесообразно использовать многофункциональные суда (МСС). Эти современные высокотехнологичные объекты оснащены всем необходимым оборудованием для оказания любой технической и медицинской помощи терпящим бедствие людям, судам и портовым сооружениям [2,3].

Специализированные суда выполняют определенный перечень задач в ограниченном районе плавания. Например, пожарные корабли-спасатели используют в портовых и рейдовых водах для оказания помощи судам, портовым сооружениям и хранилищам горючих и легковоспламеняющихся жидкостей.

В 2009 году, когда в России началось обновление спасательного флота, было решено создавать многофункциональные корабли-ледоколы, имеющие неограниченный район плавания, способные проводить аварийно-спасательные мероприятия как в южных морях, так и в арктическом регионе в районах судоходства, промысла рыбы, на поисковых и добывающих платформах, морских стационарных и плавающих отгрузочных терминалах, при ликвидации разливов нефти.

В 2013 году Россия получила уникальный асимметричный ледокол «Балтика» (проект Р-70202), построенный совместно с финскими специалистами. Судно движется как под углом, так и кормой и носом вперед. Идя косым ходом, оно прокладывает во льду канал толщиной до 0,6 м и шириной до 50 м, что в 2,5 раза превышает ширину его корпуса. Ранее это было под силу только двум судам, работающим одновременно. Ледокол оснащен вертолетной площадкой, оборудованием для тушения пожаров (мощность водораспыления 980 м<sup>3</sup>/час), способен буксировать аварийные суда или сооружения даже при сильном волнении, снабжен устройствами для сбора нефти, как на открытой воде, так и в ледовых условиях, и отделения нефти от воды [3].

Первые современные МСС проекта MPSV06 "Берингов пролив" и "Мурман" были построены на верфях "Nordic Yards" и переданы нашей стране в 2015 году. На IX Международном форуме "Транспорт России-2015" они были признаны лучшим инновационным решением в сфере транспортной техники в конкурсе на применение инновационных технологий среди предприятий транспортной отрасли [4].

Необходимость развивать российское судостроение, внедрять современные технологии на отечественных вервях, растить квалифицированные кадры для транспортной отрасли привели к тому, что дальнейшая модернизация спасательного флота велась, в основном, на отечественных предприятиях.

В период с 2010 по 2016 год в городе Шлиссельбурге на Невском судостроительно-судоремонтном заводе было построено 4 многофункциональных спасательных судна (проект MPSV07). В настоящее время они успешно несут вахту от Мурманска до Владивостока. Дальнейшее производство МСС проекта MPSV07 согласно Федеральной целевой программе «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года» было передано на заводы Керчи и Феодосии, а Невский судостроительно-судоремонтный завод в 2015 году приступил к строительству мелкосидящих буксиров-спасателей проекта MPSV12.

В настоящее время три из них построены и будут переданы в порты Астрахани, Архангельска и Новороссийска. Впервые со времен СССР производство столь сложных судов полностью осуществляется из отечественных деталей [5].

МСС проектов MPSV могут эксплуатироваться при температуре до  $-40^{\circ}\text{C}$ , их автономность плавания по запасам топлива, воды и провизии достигает 30 суток. Имея экипаж в составе от 12 до 22 человек, они способны принимать на борт и оказывать помощь пострадавшим в количестве 95 человек. Суда проекта MPSV12 оснащены новейшими электронными системами управления и радарными дальнего слежения, что позволяет найти терпящее бедствие судно в многокилометровой зоне и при любых климатических условиях. Для борьбы с пожарами на плавучих и береговых объектах, тушения горящего на воде топлива, ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, в том числе с температурой вспышки ниже  $60^{\circ}\text{C}$ , МСС оборудованы системой водяных завес, орошения и порошкового тушения, автономной системой внешнего водяного пожаротушения. Запас пенообразователя на судне рассчитан на работу одного ствола в течение 30 минут. Система порошкового пожаротушения способна обеспечить прекращение горения на площади в  $2500\text{ м}^2$  и используется при ликвидации пожаров на химовозах и газовозах [3].

Развитие морских нефтяных и газовых промыслов, строительство и эксплуатация портов по приему и перегрузке углеводородного сырья, пожары в местах хранения топлива, на нефтегазодобывающих платформах и танкерах, опасность выбросов и утечки нефти и разлива ее на поверхности воды вследствие повреждения подводного оборудования волнами и плавающим льдом, требуют создания многоцелевых пожарно-спасательных судов для нефтяной и газодобывающих компаний.

В 2008-2009 году компания «Лукойл» построила на верфи Keppel Singmarine в Сингапуре многофункциональные ледокольные суда «Варандей» и «Тобой». Эти суда круглогодично дежурят в районе причала Варандейского терминала и обеспечивают безопасность морской отгрузки нефти. Они не только осуществляют проводку танкеров, оказывают помощь при маневрировании, доставляют оборудование и персонал, но и способны спасать и принимать на борт до 195 человек, осуществлять подводно-технические, буксировочные работы, проводить околку и очистку ото льда, ликвидировать аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, обеспечивать тушение пожаров на танкерах и отгрузочном терминале. Объем пенообразователя, хранящийся на судне ( $30\text{ м}^3$ ), достаточен для работы системы пожаротушения в течение 30 минут, а водяная завеса защищает наружную поверхность судна от теплового излучения.

МСС – это универсальные спасатели, они выполняют большее, чем специализированные суда, число операций, круглогодично задействованы в спасательных мероприятиях, в том числе, при низких температурах и в сложных ледовых условиях, что сокращает расходы на простой судна, подготовку и содержание экипажей. Однако эти корабли имеют очень высокую стоимость, сложны в обслуживании и ремонте, поэтому наряду с многофункциональными морскими судами требуются современные специализированные и маломерные суда-спасатели.

На ОАО «Ярославский судостроительный завод» активно строятся и спускаются на воду спасательные катера-бонопостановщики. Эти суда используются в прибрежных морских, речных и озерных поисково-спасательных районах, в портах при проведении аварийно-спасательных работ, для поиска и подъема с воды плавучих объектов и людей, для транспортировки средств ликвидации разливов нефти или нефтепродуктов. Локализация нефтепродуктов проходит с помощью постановки боновых заграждений, а ликвидация разливов нефти или нефтепродуктов осуществляется путем их сбора в плавучие емкости [5].

Наряду с катерами-бонопостановщиками судостроительный завод в Ярославле работает над вводом в эксплуатацию морских водолазных судов нового поколения проекта SDSO8 и водолазных катеров смешанного типа река-море проекта А-160 [5].

В 2016 году в Керчи на судостроительном заводе «Залив» заложены два быстроходных поисково-спасательных судна (проект А163). Эти корабли будут выполнять поисково-спасательные операции в районах судоходства и рыбного промысла, снимать с мели аварий-



ные суда и плавсредства, бороться с загрязнениями акватории, разливами нефти и нефтепродуктов, осуществлять тушение горящего на воде топлива [3].

В 2016 году Окская судовой верфь спустила на воду морской буксир Пенай (проект TG-17) [5]. Это многоцелевое судно с пожарным классом FF3 WS и ледовым усилением предназначено для оказания помощи в тушении пожаров, как на плавучих, так и на береговых объектах. Оно может работать в качестве бонопостановщика, участвовать в ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, перевозить грузы. Для борьбы с пожарами на буксире смонтирована специальная система водяного пожаротушения. Подача огнетушащих средств (воды или пены) на объект на расстояние до 80 метров осуществляется через два лафетных ствола производительностью 300 м<sup>3</sup>/час.

Особый интерес представляют противопожарные суда и плавучие средства, в частности, разработанные специально по заказу МЧС. Пожарные корабли относятся к вспомогательным судам специального назначения. Они предназначены для тушения пожаров и проведения спасательных и профилактических работ на объектах, расположенных на море и в прибрежных районах, для буксировки горящих судов и спасания тонущих людей.

Главным поставщиком различных типов пожарных судов, начиная с небольших речных и озерных катеров и заканчивая новейшими морскими судами, уже более 30 лет является акционерное судостроительное общество "Вымпел". С его стапелей в период с 1995 по 2005 год сходили морские противопожарные суда «Марс» проекта 14613, пожарно-спасательный катер Морж ледокольного типа (проект 1496МП, 2007 год) способный работать как на морских, так и на речных акваториях, и быстроходный противопожарный теплоход типа «Вьюн» проекта 16640 (1983-2004 годы), предназначенный для внутренних водоемов. Эти суда до настоящего времени успешно несут боевую вахту в составе Морской спасательной службы Росморречфлота и МЧС России [6].

Основным производителем пожарных катеров (проект КС-110-39) для МЧС России с 2003 года является ОАО «Костромской судомеханический завод». Это небольшое судно водоизмещением 15 тонн, оснащенное водопенной установкой и переносным пожарно-спасательным оборудованием способно подавать в очаг пожара до 100 л воды в секунду. Благодаря своей малой осадке, высоким скоростным характеристикам и хорошей маневренности, катер пригоден для тушения пожаров на плавсредствах, в прибрежной зоне и на береговых объектах в радиусе до 800 м, а также для проведения аварийно-спасательных работ на реках и водоемах [6].

#### *Список литературы*

1. Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010 - 2020 годы)». URL:<http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2014/264/>.
2. Изотов С.С., Свидзинская Г.Б. Направления и перспективы развития аварийно-спасательного флота России//Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика – регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в Арктическом регионе: сб. мат. Всероссийской научно-практической конференции/Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. СПб. 2016. С. 83-87.
3. Баскин Ю.Г., Свидзинская Г.Б. Реализация государственной программы обновления аварийно-спасательного флота Российской Федерации на отечественных верфях» // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 3. С.123-129.
4. Проект MPSV06 признан лучшим инновационным решением в сфере транспортной техники на форуме «Транспорт России-2015»//Корабел.ру. URL:<http://www.korabli.eu/blogs/novosti/morskie-novosti/proekt-mpsv06-priznan-luchshim/>.
5. Аварийно-спасательный флот. Морская спасательная служба Росморречфлота. URL: [http://morspas.com/assis/asf/about\\_asf/](http://morspas.com/assis/asf/about_asf/).
6. Водный транспорт. URL:<http://fleetphoto.ru/projects/30/>.

## УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПО ЗАДАННОМУ РЕЛЬЕФУ ДНА

*Каминский Валерий Юрьевич* – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией

ФГБУН Институт проблем транспорта имени Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13., Kaminskyvyu@yandex.ru

*Мурамович Валерия Викторовна* – аспирант

ФГБОУ ВО Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

190005, Россия, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1, murvich@yandex.ru

*Аннотация.* Сформулированы задачи применения автономных необитаемых подводных аппаратов. Показано, что многие из аппаратов, находящиеся в эксплуатации, реализуют программное управление с операторской корректировкой. Разработана программа, моделирующая сканирование рельефа дна лучами эхолота. Приведены результаты моделирования траектории движения и выполнена верификация программы. Показано, что моделирование позволяет оптимизировать режим работы эхолота. Утверждается, что в рамках принятых допущений программа выстраивает траекторию движения аппарата, близкую к действительному рельефу дна.

*Ключевые слова:* подводный аппарат, система управления, алгоритм, программа, рельеф дна, траектория движения.

## MOTION CONTROL OF UNDERWATER VEHICLE FOR A GIVEN BOTTOM TOPOGRAPHY

*Kaminsky Valery Yu.* – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Head of the Laboratory, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, Kaminskyvyu@yandex.ru

*Muramovic Valeria V.* – postgraduate student, Baltic State Technical University «Voenmeh» named after D.F. Ustinov

1-nd Krasnoarmeiskaya str., 1, St.Petersburg, 190005, Russian Federation, murvich@yandex.ru

*Abstract.* Formulated problem of using Autonomous underwater vehicles (AUV). It is shown that many of the machines, in operation, implement a control software with operator adjustment. Developed a program that simulates the scanning of the topography of the bottom beams of the echo sounder. Simulation results of the trajectory and the executed verification program. It is shown that simulation allows to optimize the operating mode of the sonar. It is claimed that, under the adopted assumptions, the program builds a trajectory of the apparatus close to the actual bottom topography.

*Keywords:* underwater vehicle, control system, algorithm, program, bottom topography, trajectory.

### 1. Автономные необитаемые подводные аппараты

Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) (подводные роботы) предназначены для выполнения широкого круга задач [1-2]:

– обзорно-поисковые работы (инспекция подводных сооружений и коммуникаций, поиск и обследование затонувших объектов);

- геологоразведочные работы (топографическая, фото - и видеосъемка морского дна, акустическое профилирование, картографирование рельефа);
- подледные работы (обслуживание систем освещения, прокладка кабеля и трубопроводов);
- океанографические исследования;
- экологический мониторинг;
- работы военного назначения (патрулирование, противоминная оборона, рекогносцировка (разведка)).

Примерами подводных аппаратов могут служить российские и зарубежные АНПА.

Аппарат «Клавесин» (Россия) предназначен для обзорно-поисковых операций и обследования донных объектов на глубинах до 6000 м. Аппарат способен выполнять работу в режиме программного управления с коррекцией по гидроакустическому каналу связи с борта судна-носителя.

АНПА «Пилигрим» (Россия) предназначен для выполнения глубоководных поисковых и измерительных работ. Аппарат может использоваться в автоматическом режиме по заданной программе или в автоматическом режиме с дополнительной коррекцией программы работы аппарата с борта судна-носителя по гидроакустическому каналу [3].

АНПА «Скат» (Россия) применяется для решения исследовательских задач на шельфе, используя программные управление и гидроакустическую навигацию.

АНПА «Тифлонус» (Россия) предназначен для подледных геофизических измерений и акустических исследований.

АНПА «CR-01» (Россия) выполняет океанографические исследования и обследует запасы полезных ископаемых на глубинах до 6000 м.

АНПА «ММТ-3000» (Россия) используется для решения широкого круга задач на глубинах до 3000 м. Аппарат способен производить съемку и картографирование рельефа дна с целью планирования прокладки трубопроводов, кабелей, строительства и обследования донных сооружений, разведки полезных ископаемых на дне и в толще грунта, экологических исследований, выполнения поисковых операций [4-5].

REMUS 6000 (США) используется для изучения вод мирового океана. Аппараты REMUS проводили очистку акватории от мин в ходе войны в Ираке.

Autosub (Англия) выполняет исследовательские задачи на рабочей глубине до 6000 м в ледовых условиях Арктики и Антарктики.

HUGIN 3000 (Норвегия) - противоминный АНПА предназначен для обеспечения безопасности морских баз. Несколько аппаратов находится на вооружении ВМС Италии, которые применяют его для обеспечения безопасности морских баз и при разминировании [6-7].

Автономные необитаемые подводные аппараты используют различные системы управления. Многие из перечисленных АНПА реализуют программное управление с операторской корректировкой с борта судна-носителя.

2. Моделирование траектории движения АНПА. На подводные аппараты может быть установлена автономная система управления [8]. Аппарат движется в соответствии с рельефом дна, занесенным в блок памяти системы управления, без участия оператора.

Траектория АНПА рассчитывается в вертикальной плоскости по заданному рельефу дна с учетом допустимых для аппарата перегрузок и установленной барометрической системы.

Программа, реализующая алгоритм управления, позволяет построить траекторию движения подводного аппарата, отвечающую заданным параметрам: допустимым перегрузкам аппарата, максимальной и минимальной глубине погружения, высоте прохождения АНПА над рельефом дна, углу сканирующего луча.

При разработке программы управления приняты следующие допущения:

- угол наклона луча сканирования эхолота постоянен, и не меняется при изменении положения аппарата в пространстве;
- на всех глубинах работы АНПА, его скорость считается постоянной;

- движение АНПА принимается плоскопараллельным;
- при моделировании траектории, АНПА считается материальной точкой, т.е. габариты подводного аппарата не учитываются.

Программа управления реализует следующий принцип: эхолот аппарата определяет рельеф подстилающей поверхности дна с помощью двух лучей, один из которых направлен перпендикулярно, а другой под определенным углом (рис. 1). Так же возможен вариант, когда оба луча направлены под разными углами к поверхности дна, перед аппаратом. С помощью отраженного эхосигнала определяется расстояние до препятствия или изменение глубины рельефа дна. В зависимости от скорости, подводный аппарат начинает маневр перехода с одной глубины на другую, скругляя траекторию движения, в соответствии с допустимыми перегрузками.

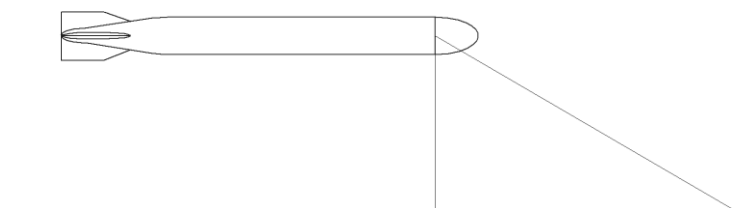


Рисунок 1 – Расположение сканирующих лучей АНПА

Благодаря находящейся на борту барометрической системе, АНПА определяет глубину погружения, тем самым ограничивая свое движение по вертикали заданными верхней и нижней границами. При этом верхняя граница определяется условиями скрытности, а нижняя предельной глубиной погружения.

Для ориентации аппарата по рельефу дна используется матрица глубин. Построение ее осуществляется пошагово: горизонтальная ось рельефа разбивается на точки с постоянным шагом. Каждой точке горизонтальной оси присваивается значение глубины. Точность задаваемого рельефа зависит от величины шага по горизонтальной оси. Величина шага определяет точность прохождения аппаратом дистанции и влияет на ресурс памяти для сохранения информации о рельефе. В свою очередь число шагов оказывает влияние на время обработки сигналов, поступающих с приемных антенн гидролокаторов, и, следовательно, на скорость реагирования системы управления.

3. Работа программы управления АНПА. Работа программы управления проходила проверку на произвольном рельефе дна (рис. 2), протяженностью 2,5 километра.



Рисунок 2 – Изображение рельефа дна

Рельеф представлен в программном виде, с обозначением верхней и нижней границ погружения аппарата (рис.3).

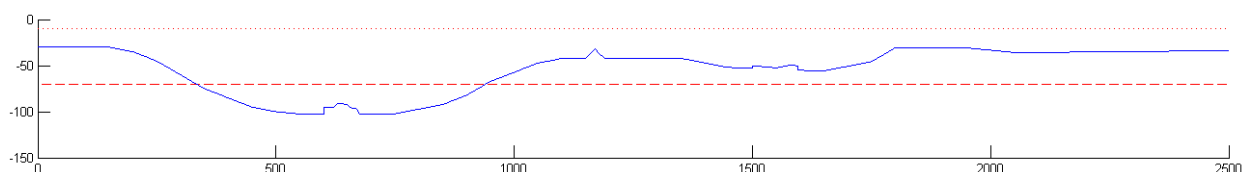


Рисунок 3 – Изображение рельефа дна в программном виде (синяя линия – рельеф дна, красные линии – границы коридора движения аппарата)

Значения параметров системы управления АНПА в вертикальной плоскости представлены в табл. 1. Для упрощения задачи будет задаваться не перегрузка, а соответствующий ей постоянный радиус кривизны траектории движения аппарата.

Таблица 1 – Характеристики АНПА и параметры траектории

Радиус, м	Высота прохождения над рельефом, м	Угол сканирования луча, град.	Минимальная глубина, м	Максимальная глубина, м
8	5	75	10	70

Результат моделирования движения подводного аппарата показан на рис. 4 (зеленая линия).

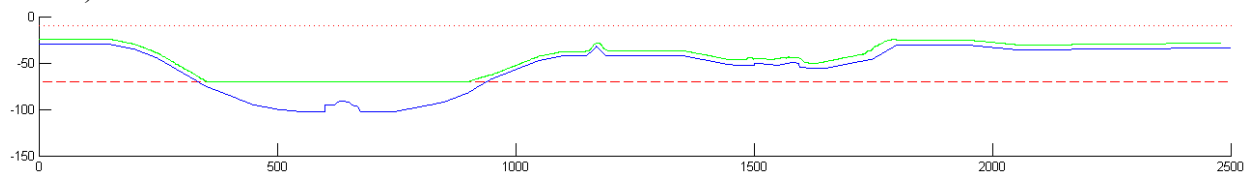


Рисунок 4 – Результат моделирования траектория движения АНПА

Численное моделирование показывает, что при заданных параметрах траектории движения, АНПА сможет без аварий пройти назначенный маршрут.

Результат моделирования программы можно переложить на истинный рельеф дна (рис. 5).

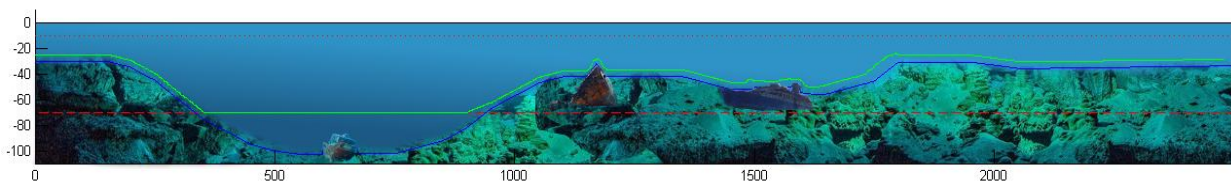


Рисунок 5 – Изображение траектории на истинном рельефе дна

При программном построении рельефа, можно отобразить не только геологические особенности дна, но и всевозможные искусственные объекты, оказавшиеся на дне.

Приведем результаты работы программы при различных параметрах (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристики ПА и параметры траектории

Номер варианта	Радиус, м	Высота прохождения над рельефом, м	Угол сканирования луча, град.	Минимальная глубина, м	Максимальная глубина, м	Результат моделирования
1	10	8	65	10	70	прошел
2	8	4	80	15	50	прошел
3	12	3	50	15	70	не прошел
4	25	6	25	25	90	не прошел

Результаты моделирования представлены на рис. 6.

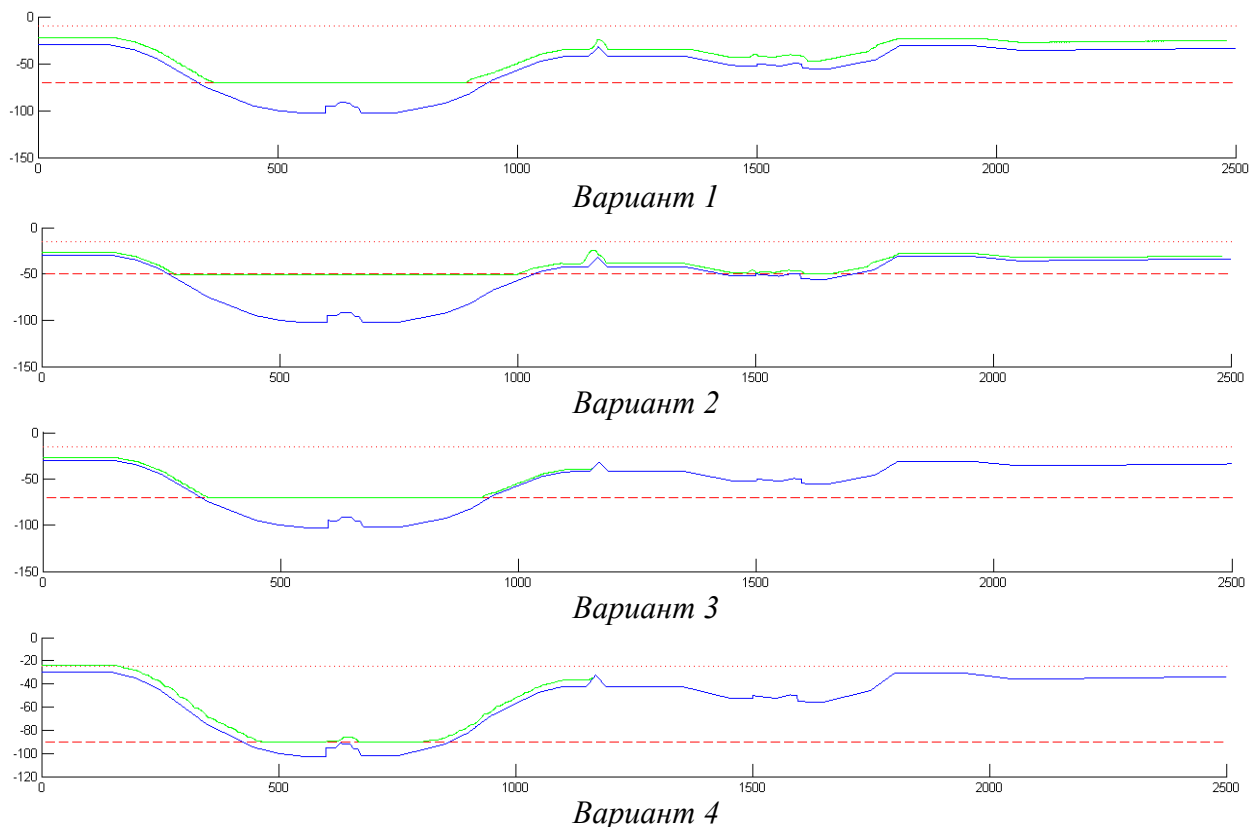


Рисунок 6 – Результаты моделирования траектории движения АНПА

Результаты моделирования (1, 2 варианты) подтверждают возможность прохождения подводным аппаратом дистанции в соответствии с заданным рельефом дна. В 3 и 4 вариантах угол сканирования ближе к вертикали, поэтому аппарат не успевает реагировать на полученный сигнал при заданной глубине продвижения.

Программа позволяет выявить наилучшие углы сканирования рельефа дна. Так, к примеру, для участков с резким изменением рельефа, не должны назначаться углы сканирования, меньше  $50^\circ$ . Кроме того программа обеспечивает возможность прогноза движения находящихся в акватории подводных аппаратов, анализируя их приблизительные характеристики и особенности рельефа дна. Это позволяет осуществлять наблюдение за наиболее уязвимыми участками акватории.

**Заключение.** С учетом принятых допущений программа позволяет строить траекторию движения подводного аппарата близкую к действительному рельефу дна.

При движении аппарата с разными скоростями радиусы кривизны траектории меняются.

На данном этапе разработки программа не позволяет моделировать траекторию движения АНПА в пространстве.

Положительным качеством программы является ее универсальность, что позволяет осуществлять моделирование не только для подводных, но и летательных аппаратов со схожими принципами управления.

#### Список литературы

1. Бочаров Л. Необитаемые подводные аппараты: состояние и общие тенденции развития //Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2009. С. 62-69. URL: [http://www.electronics.ru/files/article\\_pdf/0/article\\_286\\_934.pdf](http://www.electronics.ru/files/article_pdf/0/article_286_934.pdf) (дата обращения 15.09.2017).

2. Автономные подводные роботы: системы и технологии / М.Д. Агеев, Л.В. Киселёв, Ю.В. Матвиенко и др. М.: Наука, 2005. 398 с.

3. Наумов Л.А., Матвиенко Ю.В. Состояние и перспективы развития работ ИПМТ ДВО РАН по созданию подводных робототехнических средств // Пленарные доклады. Ин-

ститут проблем морских технологий ДВО РАН. URL: <http://www.imtp.febras.ru/images/stories/konf/tpomo-4-3-7-oktjabrja-2011-goda/pdf/plenarnye-doklady.pdf> (дата обращения 15.09.2017).

4. Войтов Д.В. Автономные обитаемые подводные аппараты. М.: Моркнига, 2015. 332 с.

5. Исследование и разработка обитаемых подводных робототехнических систем и комплексов // ИПМТ ДВО РАН ФГБУР. Подводная робототехника. URL: <http://www.imtp.febras.ru/podvodnaya-robototekhnika.html> (дата обращения 15.09.2017).

6. Сиденко К.С., Голобоков С.А. Автономные обитаемые подводные аппараты – носители минного оружия // Россия и АТР. 2009. № 2. С. 119-130.

7. ВМС США заказали трех подводных роботов / lenta.ru. Наука и техника. URL: <https://lenta.ru/news/2010/05/14/remus/> (дата обращения 15.09.2017).

8. Овчинникова Е.А., Скороходов Д.А., Маслаков М.Д. Выработка решений по безопасному маневрированию судна в экстремальных условиях // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2016. № 3 (39). С. 33-37.

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В «ЦИФРОВУЮ ЭКОНОМИКУ» МОРСКОГО ТРАНСПОРТА**

*Селеня Кирилл Анатольевич – заместитель генерального директора*

*Янжура Александр Станиславович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник*

*Иванович Тимур Леонидович – ведущий инженер*

*АО «Научный центр прикладной электродинамики»*

*190103, Россия, Санкт-Петербург, ул. Менделеевская, д. 8, office@scaegroup.com*

*Аннотация.* Рассмотрена возможность создания морского буя-ретранслятора, позволяющего организовать информационный канал между спутниковыми системами связи, беспилотными летательными аппаратами, морским транспортом и автономными подводными и надводными объектами морского транспорта и наземной инфраструктурой порта. Особое внимание уделено разработке подводного акустического канала связи, исследованы и апробированы методы передачи данных в водной среде.

*Ключевые слова:* подводная акустическая связь; мультиплексирование с частотным разделением каналов; оценка канала связи.

*Selenya Kirill A. – Deputy Director;*

*Janzhura Alexander S. – Ph.D., Leading Researcher*

*Ivanovich Timur L. – Lead engineer*

*Scientific Centre of Applied Electrodynamics*

*Mendeleevskaya str., 8, St.Petersburg, 190103, Russian Federation, office@scaegroup.com*

*Abstract.* The possibility of creating a marine buoy-transponder providing a information channel between satellite communication systems, unmanned aerial vehicles and autonomous underwater and surface marine transport facilities is considered. Particular attention is paid to the development of the underwater acoustic communication channel. The methods of data transfer in the aquatic environment have been studied and tested.

*Keywords:* underwater acoustic communication; orthogonal frequency division multiplexing; communication channel estimation.

Сегодня глобальная экономика все больше зависит от судов, перевозящих сырье большими партиями, от импорта и экспорта пищевых продуктов и произведенных товаров.

По оценкам экспертов около 90 процентов глобальной торговли осуществляется морским транспортом. С увеличением объема морских перевозок растет востребованность ИТ-технологий при управлении бизнес-процессами, как в порту, так и на морском транспорте. Все большее освоение водной среды требует развития методов дистанционной коммуникации с подводными объектами. Обеспечить коммуникацию на акватории значительной протяженности было бы возможно с помощью спутниковой или воздушной системы связи. Однако, прямая передача данных со спутника в водную среду по радиоканалу неосуществима. Под водой на значительные расстояния распространяются лишь акустические волны в узком диапазоне частот. Единственный способ организовать дистанционный канал связи с подводными автономными объектами через спутниковую или воздушную систему связи – использование буев-ретрансляторов, которые располагаются в районе проведения подводных работ.

В статье представлены материалы основной целью исследования, которых являлась разработка и макетная реализация такого способа передачи информации по гидроакустическому каналу связи, который бы обеспечивал надежность обмена данными при достаточно высокой скорости коммуникации – 10 кб/с и выше на удалении между объектами до 10 км.

28 июля правительство РФ утвердило программу «Цифровая экономика Российской Федерации». В настоящее время на всех научных конференциях обсуждается понятие «цифровая экономика» о ее трансформации в бизнес-процессы. Все это новая реальность и требует от бизнеса и частности пересмотра и адаптации бизнес-процессов их реализации при взаимодействии с разработчиками, поставщиками ИТ-технологий и в конечном счете с клиентами. Это новые требования ко всем участникам «цифровой экономики», что приведет к созданию новых многоуровневых моделей взаимодействия. Россия должна шире участвовать в разработках ИТ-технологий и работе руководящих органов ITU-R,T,D. Например, разработка и развитие беспроводных сетей 5G осуществлялось и осуществляется без участия России. Планируется четыре фазы запуска 5G: «Фаза-1» ожидается на Олимпиаде в Пхенчхане в 2018 г.; «Фаза-2» ожидается в Стогольме и Таллине в 2019 г.; «Фаза-3» ожидается в 2020 г. в Токио на Олимпиаде состоятся первые коммерческие запуски сетей 5G; «Фаза-4» ожидается к 2025 г. все городские территории и крупнейшие транспортные магистрали в Европе будут обеспечены сплошным 5G покрытием.

Концепция развития «цифровой экономики» не возможна без концепции развития ИТ-технологий. Мы должны строить «цифровую экономику» параллельно развивая ИТ-технологии: под водой; на воде; на земле; в воздухе; в космосе. Оценка эффективности технических решений при разработке должны быть направлены на обеспечение качества информационного процесса при предоставлении услуг связи. Процесс реализует система и процесс и на каких технологиях мы будем строить систему, очень важно, в первую очередь элементная база. Таким образом, в качестве существенных свойств процесса и системы ИТ-технологий должны быть: устойчивость (надежность, живучесть, разведзащищенность); производительность; информационная безопасность. Устойчивость особенно необходима в связи с тем, что предлагаемая структура системы связи морского порта и транспорта имеет свое оборудование под водой, на воде (буи для связи с наземной инфраструктурой морского порта (нефтяной или газодобывающей платформой), БПЛА в воздухе и космическими аппаратами (КА)).

Узким местом производительности в этой системе связи является гидроакустическая связь, ее пропускная способность при передаче данных. Передача данных в водной среде является достаточно сложной и нетривиальной задачей. Гидроакустические волны, наиболее хорошо распространяющиеся в воде, подвергаются целому ряду искажающих полезный сигнал факторов: многолучевое распространение, преломление, доплеровское смещение частоты, частотно-селективные замирания, значительный уровень различного рода шумов и помех. Кроме того, все эти факторы крайне не стационарны и претерпевают значительные изменения в пространстве и времени [1]. Диапазон рабочих частот в гидроакустическом канале ограничен, как правило, несколькими десятками кГц. С учетом достаточно медленного распространения звуковых волн в водной среде не удастся реализовать надежный



и достаточно скоростной гидроакустический канал связи стандартными методами, успешно используемыми в других системах коммуникации. На рис. 1 показана импульсная характеристика гидроакустического канала связи, полученная в ходе эксперимента на мелководье.



*Рисунок 1 – Импульсная характеристика гидроакустического канала связи*

Рисунок демонстрирует многолучевость распространения сигнала со значимыми амплитудами мод на протяжении примерно 25 мс.

Вышеперечисленные ограничивающие связь факторы физически не позволяют поднять скорость передачи информации более 100 бит/с в одноканальной системе передачи без адаптивной системы оценки динамических искажений даже в условиях глубокой воды, где нестационарность сигнала проявляется слабо. Для повышения эффективности средств подводной цифровой коммуникации рассмотрена возможность передачи данных с использованием мультиплексирования канала связи, т.е. параллельной передачи информации на нескольких несущих частотах. При невозможности увеличения скорости передачи по одному каналу можно одновременно организовать несколько каналов. Такой метод применяется в системах радио коммуникации, и оптоволоконной связи. Наиболее широко используется мультиплексирование канала с ортогональным частотным разделением сигналов (OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

При моделировании проведена адаптация данного метода к условиям гидроакустического канала связи. Также исследовались задачи по вхождению в связь в условиях повышенного уровня различного рода помех вплоть до постановочных; коррекции частотных групповых сдвигов, вызванных эффектом Доплера в случае использования на подвижных объектах; восстановлению искаженной в результате селективных частотных потерь информации. В ходе исследований создана имитационная модель, позволяющая моделировать процессы формирования и декодирования информационных сигналов передаваемых по гидроакустическому каналу связи. Модель построена в компьютерной среде разработки LabVIEW в виде функционально законченных программных модулей. Схема имитационной модели позволяет получать сигнал в модуле формирования, подвергать его искажениям среды в модуле распространения и далее анализировать качество его приема в модулях синхронизации и приема. Модуль распространения сигнала в среде включает шумовые, частотные, селективные и многолучевые искажения, которым подвергается сигнал при прохождении в реальных условиях. В этом модуле имеется возможность изменять и задавать степень каждого типа искажений в целях исследования устойчивости сигнала к помехам. На этапе моделирования был сформирован сигнал OFDM состоящий из 256 несущих частот. Метод построения OFDM сигнала заключается в математическом формировании комплексного сигнала из модулированных несущих частот с помощью алгоритмов прямого и обратного дискретного преобразования Фурье.

Несущие частоты, полученные таким образом состоят из набора  $2^N$  что определено алгоритмом быстрого дискретного преобразования, применяемого в данной модели. Число несущих может доходить до нескольких тысяч и ограничиваться лишь максимально допустимой шириной канала связи и условиями распространения различных длин звуковых волн в водной среде. Условие ортогональности - одно из основных требований такого метода, определяющее интермодуляционное взаимодействие отдельных несущих. Оно достигается за счет определенного соотношения длительности символа к расстоянию между

несущими частотами. Ортогональность позволяет избавиться от влияния отдельных несущих друг на друга при минимальном расстоянии между соседними частотами. Использование мультиплексирования позволяет увеличить в сотни и тысячи раз пропускную способность при сохранении низкой скорости передачи символов. Минимизировать искажающий фактор многолучевости позволяет способ формирования циклического префикса, который также реализован в данной модели. Несущие частоты модулируются фазовой (PSK) или квадратурной модуляцией (QAM) нижних порядков. Расчет системы связи на основе OFDM выполнен с учетом особенностей распространения ультразвуковых акустических волн в водной среде. Прежде всего, принималось во внимание значительное влияние межсимвольной интерференции, возникающей по причине многолучевого распространения сигнала. Продолжительность интерференции может меняться в широких пределах в зависимости от условий прохождения: от 2-5мс в открытой воде до 20мс и более на мелководье [2]. Можно спроектировать адаптивную систему связи, учитывающую длительность межсимвольной интерференции, но в модельном варианте такой задачи не ставилось из-за необходимости получения стабильных статистических результатов в определенных условиях, поэтому для расчета канала использовалось интерференционное время 20мс, которое покрывает большинство условий распространения в реальной среде.

Исследования показали, что с использованием OFDM метода можно достичь скорости передачи полезной информации до 30 кб/с. Уменьшение количества ошибок происходит за счет использования методов избыточного кодирования. Так же алгоритмы сверточного кодирования совместно с позиционным перемежением информации позволяет эффективно бороться с селективными замираниями и помехами. В этом случае наложение узкополосной помехи, например в виде тона, на полезный сигнал не приводит к каким либо потерям принимаемой информации.

Один из важных вопросов, решенных в процессе моделирования гидроакустической системы связи – вхождение в связь и начальная синхронизация. Многочастотная OFDM модуляция является шумоподобным сигналом, занимающим значительную часть спектра с относительно равномерным энергетическим распределением. Такой сигнал трудно выделить на фоне естественного канального шума, а используемые в радиосвязи корреляционные методы анализа сигнала не эффективны, так как не работают при значительных доплеровских сдвигах, возникающих в гидроакустической среде. Поэтому модель была дополнена кадровой синхронизацией с функциональной преамбулой.

В результате формируется преамбула, состоящая из ЛЧМ несущей, крайние частоты которой ограничены  $f_a$  – частотным диапазоном OFDM сигнала и четырех  $f_{n_x}$  – несущих постоянной частоты равномерно распределенных в спектре полезного сигнала. Длительность преамбулы в два раза больше длительности OFDM символа для обеспечения точности восстановления частотного домена. ЛЧМ сигнал обладает значительной устойчивостью к сдвигу Доплера и частотно-селективным замираниям. Корреляционный анализ преамбулы с ЛЧМ копией позволяет надежно выделить начало информационного кадра с незначительным смещением по времени вызванным сдвигом Доплера. При последовательной передаче информации практически невозможно учесть нестационарность канала связи. Такая неустойчивость канальных характеристик распространения сигнала (в основном вызванных волнением поверхности воды, либо движением системы относительно шероховатого дна) компенсируется за счет синхронизации. Проведены исследования по оптимизации плотности распределения сигналов синхронизации для «мелкой воды», когда условия распространения сигнала наиболее сложные, и условия «открытой воды», которые можно получить в глубоководных областях мирового океана. Первый результат был получен экспериментально с глубиной водоема не более 5 метров, второй - использованием гидроакустической модели, так как в этом случае модель упрощается, и теоретический результат хорошо сочетается с экспериментальным. На рисунке 2 показаны нормированные значения зависимости неискаженной полезной информации  $E_s$  для различного шага сигналов синхронизации в «мелкой воде» (черная линия) и в «открытой воде» (серая линия).

Из графиков видно, что в стационарных условиях достаточно использовать сигналы

синхронизации на каждой десятой поднесущей частоте для надежной эквализации сигнала, однако в нестационарных условиях периодичность синхронизирующих сигналов удваивается.

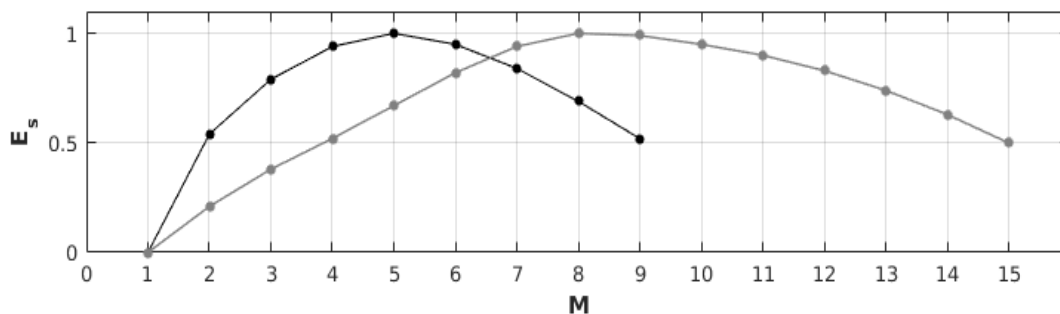


Рисунок 2 – Зависимость объема неискаженной полезной информации  $E_s$  от шага расположения сигналов синхронизации для различных типов распространения сигнала

Учитывая значительную нестационарность распространения, моделировался изменяющийся во времени канал связи. Для определенного дискретного набора многолучевых компонент  $s$  гидроакустический канал можно представить как:

$$y(\tau, t) = \sum_s A_s(t) \delta(\tau - \tau_s(t)) . \quad (1)$$

Если принять что амплитуды в каждой моде распространения не меняются в блоке данных  $A_s(t) \approx A_s$ , то каждый путь распространения может быть связан с отдельным масштабом смещения Доплера [3]:

$$\tau_s(t) = \tau_s - a_s t . \quad (2)$$

Для простоты реализации при достоверном достижении результата была принята модель, в которой использовалось конечное число путей распространения  $N_s$ . В этом случае принятый сигнал записывается как:

$$y(\tau, t) = \sum_{s=1}^{N_s} A_s \delta(\tau - [\tau_s - a_s t]) . \quad (3)$$

Заключение.

Разработанная и апробированная система гидроакустической связи в сочетании со спутниковой системой, например, Гонец, позволяет построить ретрансляционный буй для обмена информацией с удаленными подводными объектами. Полученные наработки позволят согласовать стандартные коммуникационные протоколы с гидроакустической системой связи для дистанционного управления и передачи команд беспилотным подводным аппаратам, организовать распределенный мониторинг глубоководных объектов.

#### Список литературы

1. Кацнельсон Б.Г. Акустика мелкого моря / Кацнельсон Б.Г., Петников В.Г., – М.: Наука. 1997. 191 с.
2. Stojanovic M., Underwater acoustic communication channels: Propagation models and statistical characterization / Stojanovic M., Preisig J. IEEE Communications Magazine, 2009, pp. 40-47.
3. Trubuil J., Accurate Doppler estimation for underwater acoustic communications/ Trubuil J., Chronavel T., OCEANS, Yeosy, May 2012, pp. 1-5.

## ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**Богданов Андрей Геннадьевич** – заместитель директора

Закрытое акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт судового машиностроения»

192029, Россия, Санкт-Петербург, ул. Дудко, д. 3, [sudmssh@sudmash.ru](mailto:sudmssh@sudmash.ru)

**Скороходов Дмитрий Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, [skorohodda@mail.ru](mailto:skorohodda@mail.ru)

**Королев Олег Александрович** – научный сотрудник

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, [olegello@bk.ru](mailto:olegello@bk.ru)

Аннотация. Рассмотрены возможности применения известных критериев надёжности для различных элементов транспортных средств. Приведены критерии оценки надёжности для элементов следующих видов: нерезервированных невозстановливаемых, резервированных восстанавливаемых, резервированных восстанавливаемых, а также, находящихся на хранении.

Ключевые слова: объект, критерий, надёжность, отказ, резервирование, наработка на отказ.

## THE PRINCIPLES OF EVALUATION OF RELIABILITY OF COMPONENTS AND ASSEMBLIES OF VEHICLES

*Bogdanov Andrey G. – Deputy Director of the closed joint-stock company Central scientific research Institute of marine engineering*

*Dudko str., 3, St.Petersburg, 192029, [sudmash@sudmash.ru](mailto:sudmash@sudmash.ru)*

*Skorokhodov Dmitriy A. – Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Chief Researcher Officer, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, [skorohodda@mail.ru](mailto:skorohodda@mail.ru)*

*Korolev Oleg Al. – research associate, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, [olegello@bk.ru](mailto:olegello@bk.ru)*

Abstract. Possibilities of application of the criteria of reliability for various items of vehicles. The criteria of reliability assessment for elements of the following types: non-redundant non-recoverable, recoverable non-redundant, non-redundant, redundant restorable, as well as in storage.

Keywords: object, test, reliability, failure, redundancy, time to failure.

Известны следующие основные критерии оценки надёжности технических устройств и систем [1]: вероятность безотказной работы –  $P(t)$ ; наработка до первого отказа –  $T_1$ ; интенсивность отказов –  $\lambda(t)$ ; частота отказов (плотность распределения времени до первого отказа) –  $f(t)$ ; наработка на отказ –  $T$ ; параметр потока отказов (средняя частота отказов) –  $\omega(t)$ ; функция готовности –  $K_2(t)$ ; коэффициент готовности –  $K_2$ .

Показатели  $P(t), T_1, \lambda(t), f(t)$  позволяют оценить надежность изделия в работе до его первого отказа, являясь критериями надежности невосстанавливаемых элементов транспортных средств. Элемент или узел (объект) считается невосстанавливаемым, если не подлежит ремонту, или не может быть отремонтирован во время выполнения задания. Указанные критерии могут использоваться так же и для оценки надежности восстанавливаемых объектов, которые работают в условиях, не допускающих возникновения отказа.

Критерии  $T, \omega(t), K_2(t), K_2$  предназначены для оценки надежности изделий допускающих отказы, то есть восстанавливаемых (ремонтируемых). Эти критерии не применяют для оценки надежности невосстанавливаемых объектов независимо от условий их применения.

Надежность является физическим свойством изделия. Как всякое физическое свойство оно значительно шире и глубже, чем любой численный показатель надёжности. Поэтому для достаточно полной оценки надежности объекта необходимо использовать семейство критериев. Выбор критериев зависит от множества факторов, основными из которых являются: ремонтоспособность объекта, резервирование и условия применения.

Резервированный объект может быть как ремонтируемым, так и неремонтируемым. Если резервированный объект неремонтируемый, то критериями его надежности по-прежнему являются  $P(t), T_1, \lambda(t), f(t)$ . Однако наработка до первого отказа  $T_1$  в этом случае становится критерием неудовлетворительным. Покажем это на примерах.

Пусть нерезервированный невосстанавливаемый объект имеет наработку до первого отказа 300 часов, то есть  $T_1=300$  ч. Принято решение повысить его надежность путем мажоритарного резервирования «два из трех». Выясним, во сколько раз повысится при этом надежность устройства.

Вероятность безотказной работы при мажоритарном резервировании «два из трех» выражается формулой:

$$P_c(t) = 3P^2(t) - P^3(t), \quad (1)$$

где  $P(t)$  – вероятность безотказной работы в течение времени  $t$  нерезервированного устройства.

Вычислим наработку до первого отказа и вероятность безотказной работы объекта в зависимости от наличия резервирования, предполагая, что интенсивность отказов нерезервированного устройства  $\lambda = const$ .

Вероятность безотказной работы нерезервированного устройства –  $P(t) = e^{-\lambda t}$ , а наработка до первого отказа –  $T_1 = \frac{1}{\lambda}$ . Тогда вероятность безотказной работы  $P_c(t)$  и наработку до первого отказа  $T_c$  резервированного устройства можно вычислить по формулам:

$$P_c(t) = 3e^{-2\lambda t} - 2e^{-3\lambda t}. \quad (2)$$

$$T_c = \int_0^{\infty} P_c(t) dt = \frac{5}{6} T_1. \quad (3)$$

Выигрыш надежности в результате резервирования:

$$G_T = \frac{T_c}{T_1} = \frac{\frac{5}{6} T_1}{T_1} = \frac{5}{6}.$$

Следовательно, если оценивать надежность резервированного объекта наработкой на отказ, то мажоритарное резервирование не приводит к повышению его надежности.

Определим выигрыш надежности резервированного устройства, опираясь на вероятность безотказной работы (или вероятностью отказа).

Пусть время непрерывной работы изделия  $t = 30$  ч. Тогда  $P(30) = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{30}{300}} = 0.9$ , а вероятность безотказной работы резервированного устройства составит:

$$P_c(30) = 3P^2(30) - 2P^3(30) \approx 0.97.$$

Тогда выигрыш надежности в результате резервирования:

$$G_o = \frac{1 - P(30)}{1 - P_c(30)} = \frac{0.1}{0.03} = 3.3.$$

Итак, резервирование «два из трех» повышает надежность изделия более чем в три раза.

Приведем еще один пример. В соответствии с техническими условиями необходимо спроектировать объект с наработкой до первого отказа  $T_1 = 300$  ч. В процессе проектирования специальные методы повышения надежности не применялись и, после анализа надежности оказалось, что наработка на отказ изделия не превышает 150 ч. Принято решение для обеспечения надежности применить резервирование с постоянно включенным резервом. Нарботка до первого отказа резервированного устройства  $T_c$  определяется выражением [2]:

$$T_c = T_1 \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{m+1} \right), \quad (4)$$

где  $T_1$  – наработка до первого отказа нерезервированного устройства;  $m$  – кратность резервирования.

Из (4) видно, что при  $T_1 = 150$  ч требуемая наработка на отказ ( $T_c = 300$  ч) будет достигнута при кратности резервирования  $m = 3$ , то есть для повышения надежности вдвое необходимо в 4 раза увеличить объем оборудования.

Оценим надежность изделия вероятностью безотказной работы. Пусть время непрерывной работы изделия  $t = 50$  ч. Тогда вероятность безотказной работы нерезервированного устройства будет:  $P(50) = e^{-\frac{t}{T_1}} = e^{-\frac{50}{150}} \approx 0.72$ . При дублировании устройства ( $m = 1$ ), получим  $P(50) = 1 - (1 - P(50))^2 \approx 0.97$ , а выигрыш в надежности составит около 6.

Из приведённого примера видно, что при проектировании практически отсутствовала возможность использовать резервирование для обеспечения требуемой наработки до первого отказа ( $T_1 = 300$  ч), при этом простое дублирование обеспечивает создание высоконадежного объекта.

Эффекты с резервированием в рассмотренных примерах легко объяснимы. Нарботка до первого отказа является интегральным критерием и выражается через вероятность безотказной работы следующей зависимостью:

$$T_1 = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (5)$$

Из этого выражения видно, что при определении наработки до первого отказа вероятность  $P(t)$  интегрируется по всей временной оси (время работы бесконечно), в то время как изделие работает ограниченное время  $t$ . По этой причине наработка до первого отказа явля-

ется неудовлетворительным критерием надежности технических устройств и систем, для которых характерно не продолжительное время непрерывной работы. Т.к. невосстанавливаемые устройства и системы всегда работают ограниченное время, определяемое временем до первого отказа, то сделанный вывод справедлив для всего класса резервированных невосстанавливаемых устройств и систем.

В тех случаях, когда закон распределения времени до первого отказа отличен от экспоненциального, наработка до первого отказа является плохим критерием надежности не только резервированных, но даже нерезервированных невосстанавливаемых изделий. Это объясняется тем, что наработка до первого отказа, являясь математическим ожиданием случайной величины – времени до первого отказа, далеко не полно характеризует эту величину при многопараметрических законах распределения. В этих случаях необходимо знать хотя бы второй центральный момент распределения – дисперсию наработки до первого отказа [3].

Наработку до первого отказа, как критерий надежности, можно применять лишь в том случае, когда изделие нерезервированно и справедлив экспоненциальный закон распределения.

В случае восстанавливаемых резервированных объектов критериями надежности могут быть  $\omega(t)$ ,  $T$ ,  $K_2(t)$ ,  $K_2$ . Если восстанавливаемый элемент функционирует достаточно долго, могут применяться приведенные критерии. При малом времени функционирования такие критерии, как наработка на отказ и коэффициент готовности могут оказаться неудовлетворительными. Рассмотрим это положение более подробно.

Функция готовности нерезервированного восстанавливаемого объекта определяется формулой:

$$K_2(t) = K_2 + (1 - K_2)e^{-(\lambda + \mu)t}, \quad (6)$$

где  $K_2(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} K_2(t)$  – коэффициент готовности;  $\lambda, \mu$  – интенсивность отказов и восстановления элементов соответственно.

Пусть время функционирования системы равно наработке на отказ, т.е.  $t = T$ . Тогда из (6) имеем:

$$K_2(T) = K_2 + (1 - K_2)e^{-\frac{T}{T_B}}. \quad (7)$$

Из этого выражения получаем: при  $K_2 = 0.5$   $K_2(T) = 0.57$ , при  $K_2 = 0.6$   $K_2(T) = 0.63$ , а при  $K_2 = 0.9$  и выше  $K_2(t)$  и  $K_2$  практически совпадают.

Поскольку  $\frac{T}{T_B} = \frac{K_2}{1 - K_2}$ , то при  $K_2 = 0.9$   $T = 9T_B$ .

Из приведенных соотношений следует: если наработка на отказ восстанавливаемой резервированной системы примерно на порядок и более выше среднего времени восстановления, то наступает практически установившийся режим в течение времени эксплуатации равном наработке на отказ. Если время эксплуатации существенно меньше наработки на отказ, то такие критерии как  $K_2$  и  $T$  являются неудовлетворительными. В подобных случаях критериями надежности восстанавливаемого объекта могут быть лишь средняя частота отказов  $\omega(t)$  и функция готовности  $K_2(t)$ . Все эти выводы справедливы также для резервированных восстанавливаемых устройств.

Объекты могут находиться в двух состояниях – рабочем и в состоянии хранения. В рабочем состоянии возможны три основных режима работы: длительный, повторно-кратковременный и кратковременный.

Все сказанное выше о критериях надежности относилось к объектам длительного использования. При повторно-кратковременном режиме выбор критериев надежности зависит от состояния элемента в режиме ожидания очередного сеанса работы. Если в режиме ожида-

ния объект находится во включенном состоянии, то при выборе критериев надежности его следует рассматривать как объект длительного режима работы. Если в режиме ожидания устройство находится в выключенном состоянии, то выбор критериев надежности зависит от его ремонтпригодности. Если в режиме ожидания ремонт элемента не допускается, то критериями надежности будут те же, что и для изделий длительного режима работы.

В условиях, когда в режиме ожидания допускается ремонт, критериями надежности могут быть вероятность безотказной работы в течение времени одного сеанса  $P(t)$ , интенсивность  $\lambda(t)$  и частота  $f(t)$  отказов (при условии, что объект в течение работы ремонту не подлежит), средняя частота отказов  $\omega(t)$ , функция готовности  $K_e(t)$  (если допускается ремонт в течение сеанса работы). Такие критерии, как  $T_1, T, K_e$  применять нецелесообразно.

Выше показано, что при кратковременном режиме работы устройств критерии  $T_1, T, K_e$  также являются неудовлетворительными.

Выбор критериев надежности элементов и узлов транспортных средств для оценки их надежности в процессе хранения зависит от вида контроля их состояния при хранении. Для неконтролируемых элементов критериями надежности могут быть все те, которые позволяют оценить надежность объекта до первого отказа:  $P(t), T_1, \lambda(t), f(t)$ .

В случае периодического контроля состояния и восстановления отказавших элементов и узлов их надежность следует оценивать по тем же критериям, что и элементов неконтролируемых. Если состояние устройства контролируется непрерывно, то его надежность следует оценивать по тем же критериям, что и надежность непрерывно работающих восстанавливаемых объектов.

#### *Список литературы*

1. Ивченко Б.П., Мартыщенко Л.А., Монастырский М.Л. Теоретические основы информационно – статистического анализа сложных систем. СПб.: Лань, 1997. 319 с.
2. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырёв, В.В. Болотин и др.; под ред. И.А. Ушакова. М.: Радио и связь. 1985. 608 с.
3. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов / Федеральный горный и промышленный надзор России (Госгортехнадзор России). – М.: Госгортехнадзор России, 2001.

УДК 65.656

## **ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ К ДЕЙСТВИЯМ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ С ЗАТОПЛЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

*Минкин Денис Юрьевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России 196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, nataliachernykh@mail.ru*

*Аннотация.* В работе подняты вопросы подготовки сотрудников МЧС России к действиям в условиях чрезвычайных ситуаций различного характера. Приведены данные по количеству потенциально опасных объектов. Предложена тематика подготовки сотрудников для формирования у них знаний умений и навыков при осуществлении работ по транспортировке грузов из затопленных территорий.

*Ключевые слова:* транспортировка аварийно-химически опасных веществ, технология обучения, системы транспортировки, безопасные маршруты транспортировки.



## THE ISSUES OF PREPARATION FOR ACTION IN EMERGENCY SITUATIONS DURING THE TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS FLOODED TERRITORIES

*Minkin Denis Yu. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia  
Moskovsky prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation,  
oleg\_rybin65@mail.ru*

*Abstract. The work raised issues of training of employees of EMERCOM of Russia for actions in emergency situations of different nature. Given the number of potentially dangerous objects. Proposed topics of training employees to build their knowledge and skills in the implementation of works on transportation of goods from flooded areas.*

*Key words: transportation of hazardous chemical substances, technology of teaching, system of transportation, safe routes of transportation.*

За последнее время вопросы подготовки сотрудников МЧС России к действиям в условиях ЧС различного характера остаются наиболее актуальными, особенно это связано с транспортировкой аварийно-химически опасных веществ (далее АХОВ).

В настоящее время на крупных промышленных предприятиях, в особенности оборонной отрасли, представляющей критическую важность для национальной безопасности страны, обращается большое количество аварийно химически опасных веществ. В большей мере такие предприятия проектировались и строились в первой половине 20-го века, и зачастую являлись градообразующими предприятиями. Соответственно расположены такие объекты непосредственно в черте населенных пунктов, что влечёт за собой высокую опасность поражения населения отравляющими веществами.

А также опасность попадания АХОВ в результате наводнения в окружающую среду и быстрому их распространению в обширной зоне, в том числе твёрдых и сыпучих отравляющих веществ, которые в различных условиях представляют исключительно локальный уровень опасности [3].

При наводнениях функционирование системы транспортировки существенно ограничивается и усложняется. Для создания оптимальных безопасных маршрутов транспортировки АХОВ в черте населенных пунктов, необходимо оперативно разработать логистическую систему, обеспечить эффективное межведомственное управление и другие мероприятия, оперативного характера.

По данным ВНИИ ГОЧС в РФ более 3 тысяч объектов в 93 городах признаны химически опасными для жизни людей. Под постоянной угрозой химической катастрофы проживает более 60 млн. россиян. В настоящее время в зоне опасности находится 146 городов. В нашей стране находится около 8000 взрыво- и пожароопасных объектов, хранится 84 млн. тонн токсических отходов. Все химически вредные вещества по степени опасности для организма человека делятся на 4 класса: 1- чрезвычайно опасные; 2 - высоко опасные; 3 - умеренно опасные; 4 - малоопасные.

Вещества 1 и 2 класса – АХОВ:

специальные грузы – особой важности, совершенно секретные и секретные изделия и их компоненты, имеющие оборонное и государственное значение;

особой важности, совершенно секретные и секретные вещества и материалы, представляющие в случае аварии повышенную опасность для населения и окружающей среды;

все виды ядерных материалов;

ценности Государственного фонда драгоценных металлов и драгоценных камней Российской Федерации и Центрального банка Российской Федерации

К ним относятся:

- ядерные материалы (делящиеся)
- ядерные материалы (не делящиеся) и радиоактивные вещества
- специальные изделия
- взрывчатые вещества
- специальное оборудование
- химически опасные и токсичные вещества

Ценности в особо крупных размерах

Всего 66 наименований.

В правилах к условиям перевозки применяется ступенчатый подход, три общих уровня, которого можно по тяжести возможных последствий охарактеризовать следующим образом:

- 1) обычные условия перевозки (без каких-либо инцидентов);
- 2) нормальные условия перевозки (незначительные происшествия);
- 3) аварийные ситуации в ходе перевозки.

В процессе перевозки делящихся веществ, дополнительно необходимо соблюдать меры специальной ядерной безопасности, направленные на предотвращение возникновения состояния критичности (самопроизвольной цепной ядерной реакции – СЦР) перевозимого вещества в любых условиях перевозки, включая аварии и транспортные катастрофы.

Критичность системы с делящимся веществом связана с образованием в ней нейтронов и их утечкой. Отношение скорости образования и утечки нейтронов в системе называется эффективным коэффициентом размножения  $K_{эф}$ . Если  $K_{эф} \leq 1$ , то система подкритична, в ней не может возникнуть СЦР. При транспортировании делящихся веществ  $K_{эф}$  не должен превышать 0,95, т.е.  $K_{эф} \leq 0,95$ .

Значение  $K_{эф}$  в системе регулируется следующими параметрами:

- массой делящегося вещества;
- размером и пространственным расположением делящегося вещества (геометрический фактор);
- степенью замедления нейтронов;
- эффективностью поглощения или отражения нейтронов.

Транспортируемая система с делящимся веществом должна быть подкритичной при любой проектной аварийной ситуации. Это достигается в основном конструкцией транспортного упаковочного комплекта.

Главной целью обеспечения безопасности транспортирования РМ является исключение недопустимого риска, связанного с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений.

Достижение указанной цели обеспечивается выполнением следующих основных задач:

- обеспечение общетехнической безопасности (взрывобезопасности, механической безопасности, пожарной безопасности, термической безопасности, химической безопасности, ядерной и радиационной безопасности);
- обеспечение физической защиты радиоактивных материалов при транспортировании;
- предотвращение террористических актов (антитеррористическая защита) в отношении грузов радиоактивных материалов.

Основными задачами организаций перевозчика в мероприятиях по реагированию при нештатных ситуациях и авариях является проведение восстановительных работ, направленных на ликвидацию последствий крушений, аварий и сходов с рельсов подвижного состава с целью открытия прерванного движения в кратчайшие сроки, восстановления работы поврежденных сооружений и устройств, железной дороги.

МЧС России и/или уполномоченные территориальные органы МЧС России участвуют в мероприятиях в установленном порядке в соответствии с положениями Единой государст-

венной системы ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЕГСЧС).

Основными задачами МЧС и/или территориальных органов МЧС при ликвидации последствий аварий со специальными грузами являются проведение аварийно-спасательных работ, включая:

- оцепление зоны аварии, организация связи;
- координация и осуществление действий по спасению населения и эвакуации его из зоны аварии, оказание первой и медицинской помощи пострадавшим;
- оповещение и вызов аварийно-спасательных формирований других министерств и ведомств, входящих в территориальные подсистемы ЕГСЧС.

К первоочередным работам относятся:

- спасение людей, жизнь которых подвергается опасности, оказание первой и медицинской помощи пострадавшим;
- тушение пожара в случае его возникновения;
- передача информации об аварии;
- удаление людей из возможно опасной зоны на расстояние, указанное в аварийной карточке или согласно указаниям лица, сопровождающего груз, установление знаков, предупреждающих об опасности;
- организация оцепления зоны аварии и охраны груза;
- обеспечение общественного порядка на месте аварии;
- визуальный осмотр груза и передача уточненной информации об аварии в соответствии с аварийной карточкой;
- принятие первичных неотложных мер по устранению последствий аварии и предотвращению расширения ее последствий;
- учет лиц, которые могли подвергнуться радиационному воздействию при аварии (облучение, загрязнение), и их задержание до прибытия специалистов по радиационному контролю с соответствующей аппаратурой, за исключением лиц, которым требуется срочная медицинская помощь в стационарном медицинском учреждении.

Превентивной же мерой, обеспечивающей эффективную организацию мероприятий по транспортировке АХОВ из зоны затопления необходимо в первую очередь подготовить личный состав сотрудников МЧС к выполнению такой задачи. Квалифицированная подготовка кадров, особенно в свете участвовавших наводнений, обуславливающих федеральный характер чрезвычайных ситуаций, должна проводиться на всех уровнях, начиная с вузов МЧС России и заканчивая обучением на служебной подготовке непосредственно в подразделениях.

Технология обучения должна содержать обобщенный опыт применения транспортной системы в период наводнений и технические нормы включающие требования к упаковке и маркировке, а также соответствию конструкции, оборудования и движению транспортного средства.

Для формирования знаний умений и навыков у сотрудников необходимо вводить следующую тематику подготовки:

1. Изучение оперативно-технической характеристики районов возникновения ЧС, подвергающихся угрозе затопления;
2. Техника и технология ликвидации последствий ЧС (приемы, средства);
3. Вопросы взаимодействия.

Для обеспечения высокой эффективности подготовки личного состава при проведении мероприятий по безопасной транспортировке АХОВ в зоне наводнения, система подготовки должна включать в себя следующие приёмы: деловые игры, тактические разборы отдельных ситуаций, разработанный на основе реального опыта, симуляция сценариев с применением компьютерных программ.

#### *Список литературы*

1. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: федер. закон от 21 декабря 1994 г. № 68 – ФЗ // Собрание законодательства

ва РФ. 1994. № 35. Ст. 3648.

2. О транспортной безопасности: федер. закон от 09 февраля 2007 г. № 16 – ФЗ // Собрание законодательства РФ. 2007. № 7. Ст. 837.

3. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: постановление Правительства РФ от 21 мая 2007 г. // Собрание законодательства РФ. – 2007. № 22. Ст. 2640.

4. ГОСТ 12.1.007-76 (99). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

5. ГОСТ 19433-88. Грузы опасные – классификация и перевозка.

УДК 614.8.084, 614.843, 656.612.2

## **О ДИНАМИКЕ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА В ОТСЕКАХ ОБЪЕКТОВ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ И АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ**

*Вислогузов Виктор Викторович – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13*

*Кушпиль Игорь Васильевич – младший научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, i\_kushpil@mail.ru*

*Таранцев Андрей Александрович – преподаватель*

*ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России*

*129366, Россия, Москва, ул. Бориса Галушкина, д.4, dask\_cradle@mail.ru*

*Аннотация.* Рассмотрена проблема тушения пожаров на объектах транспорта и транспортной инфраструктуры в Арктической Зоне и на Крайнем Севере. Ввиду невозможности при пожаре использовать воду из-за низких температур предложено осуществлять продувку отсеков холодным воздухом. При этом происходит замедление скорости горения и удаление дыма из путей эвакуации. Приведены результаты компьютерного моделирования опасных факторов пожара в отсеке, свидетельствующие о целесообразности такого способа тушения.

*Ключевые слова:* Арктическая Зона, Крайний Север, обитаемые объекты, пожарная безопасность

## **ON THE DYNAMICS OF DANGEROUS FACTORS OF FIRE IN COMPARTMENTS OBJECTS AT THE EXTREME NORTH AND THE ARCTIC ZONE**

*Visloguzov Victor V. – Ph. D., associate Professor, leading researcher, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, info@iptran.ru*

*Kushpil' Igor V. – Junior researcher, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, i\_kushpil@mail.ru*

*Tarantsev Andrey A. – lecturer of the Academy of state fire service of EMERCOM of Russia  
Borisa Galushkina str., 4, Moscow, 129366, Russian Federation*

*Abstract. The problem of suppression of fires on objects of transport and transport infrastructure in the Arctic Zone and the far North. In view of the impossibility in case of fire use water because of the low temperatures is proposed to carry out a purge of the compartments cold air. When this occurs, slowing the rate of combustion and removal of smoke from escape routes. The results of computer modeling of fire effects in the compartment, indicating the feasibility of this method of firefighting.*

*Keywords: the Arctic, the far North, inhabited objects, fire safety.*

Современный исторический этап развития РФ характеризуется интенсивной реализацией планов освоения Крайнего Севера и Арктической Зоны (АЗ) [1-4] (рис. 1) – районов, имеющих стратегическое значение. В нашей стране и некоторых зарубежных странах ведётся масштабная деятельность по созданию и модернизации в АЗ объектов с высокой степенью автономности (рис. 2), а также объектов, обеспечивающих работу Северного Морского пути (рис. 3).



Рисунок 1 – Арктическая Зона РФ



Рисунок 2 – Объекты в АЗ и на Крайнем Севере, выполненные на основе теплоизолированных модулей



Рисунок 3 – Проводка судов по Северному Морскому пути



а



б

Рисунок 4 – Последствия пожара на атомном ледоколе 15.12.2011 г. «Вайгач» (а - наружный вид надстройки, б – внутренний вид помещения)



а



б

Рисунок 5 – Последствия пожара на стационарных объектах в условиях низких температур

Ввиду большой энергонасыщенности отсеков таких объектов высока вероятность возникновения там пожаров, например, как на ледоколе Вайгач (рис. 4).

Не меньшую опасность представляют и пожары на стационарных объектах в высоких широтах (рис. 5).

Тушение таких пожаров представляет особую трудность по причинам ограниченного или невозможности использования воды из-за низких температур [5,6] и труднодоступности из-за автономности объектов и удалённости пожарных подразделений, способных прийти на помощь [7].

Ввиду малых размеров помещений и большой пожарной нагрузки опасные факторы пожара (ОФП) [8] могут быстро блокировать эвакуационные пути и представлять тем самым угрозу для жизни и здоровья персонала объекта. Использование автоматических установок пожаротушения [9].

В этой связи представляется целесообразным промоделировать какой-либо сценарий развития пожара в отсеке и предложить способ обеспечения безопасности персонала за счёт продувки аварийного отсека холодным воздухом. Хотя такая продувка чревата дополнительным поступлением кислорода воздуха, но следует ожидать, что эффект снижения среднеобъёмной температуры и удаление продуктов горения из коридора позволит персоналу покинуть каюты, а аварийным командам приступить к тушению. Моделирования указанного процесса было проведено с использованием компьютерной программы PyroSim [10].

Общий вид отсека показан на рис. 6, а на рис. 7 – распространение ОФП – температуры и задымления (потери видимости) при пожаре в левой ближней каюте. Как следует из ре-

зультатов моделирования, температура в коридоре стала расти, а видимость падать, что представляло угрозу для персонала в других каютах отсека.

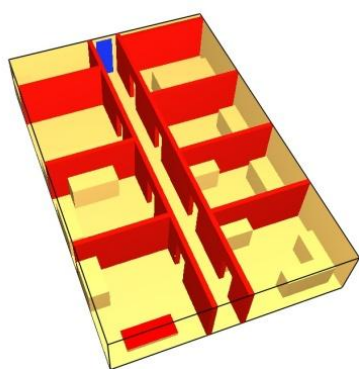
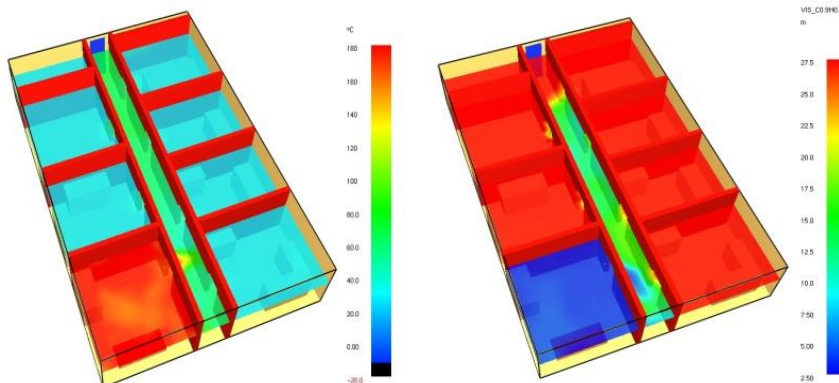


Рисунок 6 – Общий вид отсека

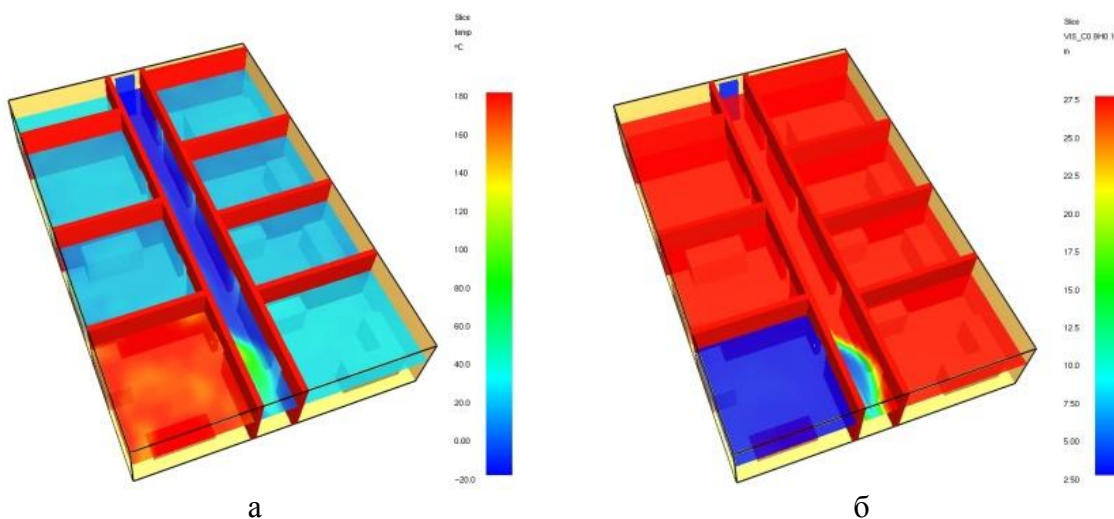


а

б

Рисунок 7 – Поля температур (а) и видимости (б) на начальной стадии – 20-я секунда от начала пожара

Если на 50-й секунде пожара, когда сработает пожарный извещатель и включится система аварийной вентиляции, начинается продувка отсека забортным ледяным воздухом ( $t_{пр} = -25^{\circ}\text{C}$ ), то ситуация радикально улучшается. Результаты моделирования показывают (рис.8), что уже на 100-й секунде пожара (на 50-й секунде продувки) коридор практически очищается от ОФП – в нём падает среднеобъёмная температура до отрицательных величин (рис.8а) и восстанавливается видимость (рис. 8б). Становится возможной даже эвакуация людей из каюты, находящейся напротив горящей.



а

б

Рисунок 8 – Поля температур (а) и видимости (б) после продувки на 100-й секунде пожара

Результаты моделирования развития пожара в отсеке и его подавления путём продувки холодным забортным воздухом приведены на рис. 9-12, где показана динамика ОФП в различных частях коридора отсека.

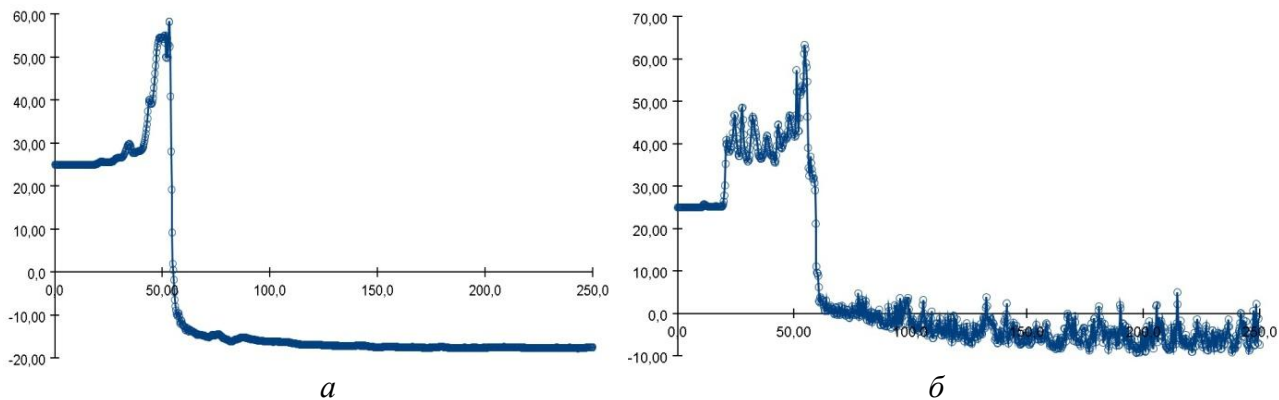


Рисунок 9 – Динамика температуры в центре (а) и правой части (б) коридора

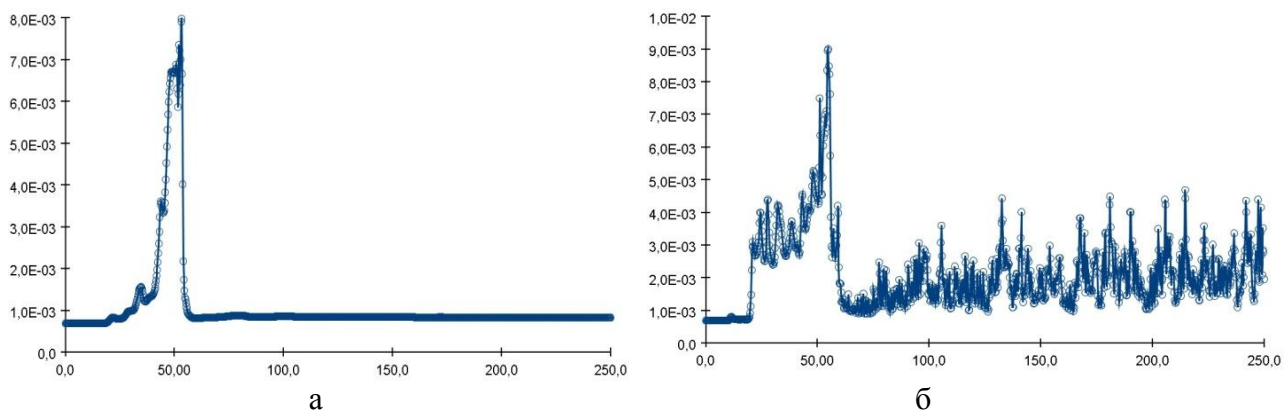


Рисунок 10 – Динамика концентрации  $CO_2$  [кг/м<sup>3</sup>] в центре (а) и правой части (б) коридора

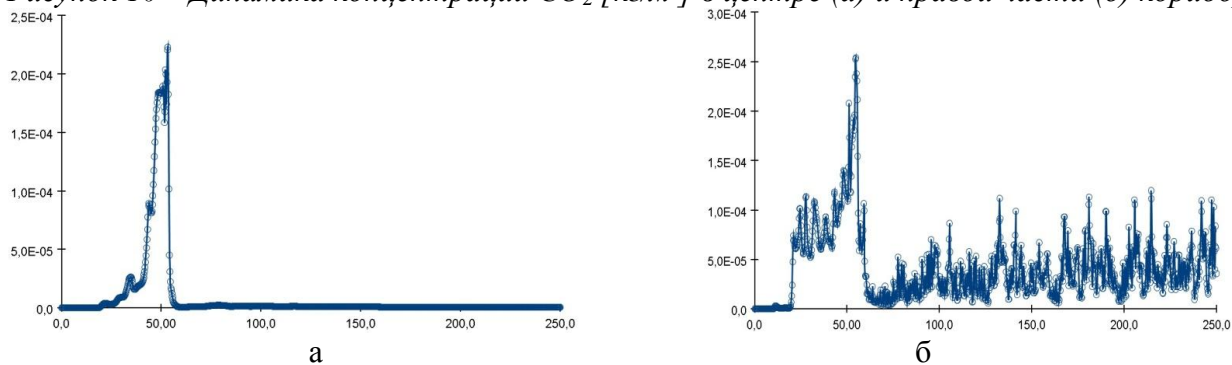


Рисунок 11 – Динамика концентрации  $CO$  [кг/м<sup>3</sup>] в центре (а) и правой части (б) коридора

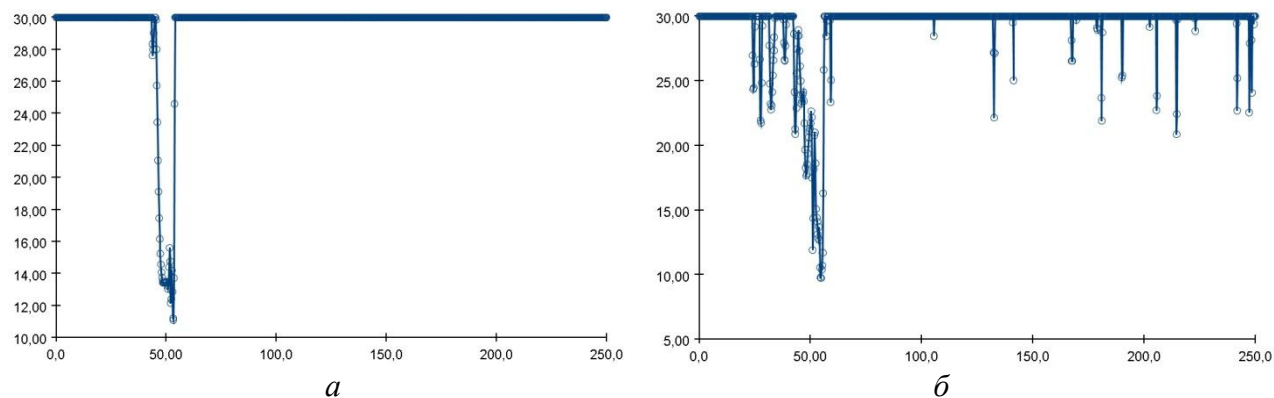


Рисунок 12 – Динамика расстояния видимости в центре (а) и правой части (б) коридора



Таким образом, продувка низкотемпературным заборным воздухом отсека, в котором начался пожар каюты, позволяет резко снизить уровень ОФП в общем коридоре, чем обеспечить эвакуацию людей из отсека и облегчить последующие действия аварийной команды по локализации и ликвидации пожара [5].

#### *Список литературы*

1. Основы государственной политики РФ в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу. Утверждены Президентом РФ 18.09.2008. № Пр-1069.
2. Указ Президента РФ «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» от 02.05.2014. № 296.
3. Указ Президента РФ «О государственной комиссии по вопросам развития Арктики» от 03.02.2015. № 50.
4. Шаталова Н.В. Развитие транспортной отрасли как основополагающей при решении проблем стратегического и экономического характера / Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2017. Т. 1. С. 230-233.
5. Малыгин И.Г. и др. Пожарная тактика / Курс лекций Части 1 и 2. СПб.: СПбУ ГПС МЧС России. 2007.
6. Алешков М.В., Безбородько М.Д., Ольховский И.А., Двоенко О.В. История развития технических средств борьбы с пожарами в условиях низких температур // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 11. С. 77-83.
7. Холостов А.Л., Нодь А.П., Таранцев А.А. Моделирование достаточности мобильных подразделений экстренных служб при возникновении ситуаций повышенной сложности // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т.25. №10. С. 59-66.
8. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 05.07.2008 г. №123-ФЗ (с изменениями).
9. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изм. № 1).
10. <https://pyrosim.ru/polevaya-model-pozhara>.

УДК 656.6:654.9

## **О МУЛЬТИКРИТЕРИАЛЬНОМ СПОСОБЕ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ В СУДОВЫХ СИСТЕМАХ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

*Круглеевский Владимир Николаевич – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, skpo@bk.ru*

*Аннотация.* В статье рассматриваются вопросы применения в корабельных системах пожарной сигнализации мультисенсорных мультикритериальных пожарных извещателей, контролирующих появление дыма, превышение заданного значения температуры и скорости ее роста, наличие угарного газа, использующих мультикритериальные алгоритмы для оценки обоснованности сигнала тревоги.

*Ключевые слова:* корабельная система пожарной сигнализации, фактор пожара, мультикритериальный пожарный извещатель, мультикритериальный алгоритм, дельта-фактор.

# THE MULTICRITERIALE METHOD OF PROCESSING SIGNALS OF THE DETECTORS IN THE SHIP FIRE ALARM SYSTEMS

*Krugleevsky Vladimir N. – doctor of technical Sciences, associate Professor, leading researcher, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, skpo@bk.ru*

**Abstract.** *This article discusses the use in the ship fire alarm system multisensory fire detectors multicriteriale controlling the appearance of smoke, the excess of the temperature setpoint and its rate of growth, the presence of carbon monoxide using multicriterial algorithms of assess the validity of the alarm*

**Keywords:** *the ship fire alarm system, fire factor, multicriteriality algoritm, the delta factor.*

В процессе совершенствования судовых систем пожарной сигнализации (СПС) пришлось решать множество задач, в том числе, противоречивых. С одной стороны, было необходимо повышать чувствительность и снижать инерционность сенсоров пожарных извещателей, с другой стороны, обеспечивать высокую достоверность формируемого СПС сигнала «пожар».

Современные судовые СПС способны обнаружить место появления опасных факторов пожара (появление дыма, пламени, аномальное повышение температуры, наличие угарного газа) с точностью до зоны, контролируемой пожарным извещателем. Чувствительность пожарных извещателей повысилась, а их инерционность снизилась в разы. СПС могут обмениваться информацией с другими судовыми системами. Достоверность формируемых СПС сигналов обеспечивается в настоящее время применением: помехоустойчивых методов обработки первичной информации; контролем параметров, имеющих различную физическую природу; все более сложных алгоритмов распознавания пожара. Так называемые, «ложные срабатывания» СПС происходят все реже, в основном, по причине неудачного размещения пожарных извещателей в зонах, где работа судовых технических средств, систем, открытие дверей или люков могут вызвать изменения контролируемых параметров, аналогичные проявлению опасных факторов пожара.

В настоящее время СПС может осуществлять информационный обмен по стандартным интерфейсам со многими судовыми системами, из которых, в первую очередь, следует выделить системы автоматического включения средств пожаротушения, системы управления техническими средствами, систему видеомониторинга судовых помещений, системы и средства пожаротушения. Схема информационных связей системы пожарной сигнализации представлена на рис. 1.



Рисунок 1 – Схема информационных связей системы пожарной сигнализации

Формирование решения о пожаре в СПС осуществляется на основе информации, получаемой от пожарных извещателей, контролирующих опасные факторы пожара (повышение температуры, появление дыма, пламени), а также по сигналам от ручных пожарных извещателей, входящих в состав системы.

В соответствии с действующими требованиями сигнал срабатывания пожарных извещателей СПС формируется с использованием так называемого «порогового» принципа, то есть, при достижении контролируемых параметров опасных факторов пожара заданных нормативных значений. Опыт эксплуатации пороговых СПС показал, что как бы ни старались конструкторы бюро-проектанта судна выбрать эффективный для судового помещения тип пожарного извещателя и разместить его оптимальным образом, велика вероятность того, что при работе энергетических установок в неспецификационных режимах или под воздействием экстремальных погодных условий контролируемые параметры (температура или ослабление светового потока в приемной камере дымового пожарного извещателя) достигнут критических значений. Количество ложных пожарных тревог по подобным причинам настолько велико, что снижает доверие к сигналам СПС и требует перепроверки получаемой информации.

Недостаточная эффективность пороговых СПС является общей проблемой для всех производителей систем противопожарной автоматики. Ведущие в этой области зарубежные фирмы ведут поиск и разработку новых подходов к созданию СПС следующего поколения. Одним из таких подходов является применение пожарных извещателей, контролирующих появление дыма, превышение заданного значения температуры и скорости ее роста, наличие угарного газа, использующих мультикритериальные алгоритмы для оценки обоснованности сигнала тревоги.

Подобный мультикритериальный пожарный извещатель (МПИ) представляет собой устройство, которое содержит несколько первичных измерительных преобразователей (сенсоров), осуществляющих преобразование различных физических величин, характеризующих пожар и сопровождающих его газообразных продуктов горения, в электрический сигнал. Конструкция МПИ идентична конструкции комбинированных пожарных извещателей. При этом, для обнаружения одного и того же фактора пожара могут использоваться различные первичные измерительные преобразователи. Выходной сигнал пожарного извещателя, в том числе сигнал «пожар», формируется в результате математической обработки информации, получаемой от всех первичных преобразователей и поэтому является более достоверным. Например, таким образом образуется мультикритериальный дымовой извещатель с тепловым каналом, который отличается от комбинированного дымового-теплого извещателя, у которого каналы работают независимо друг от друга с формированием сигнала «Пожар» по логике «ИЛИ».

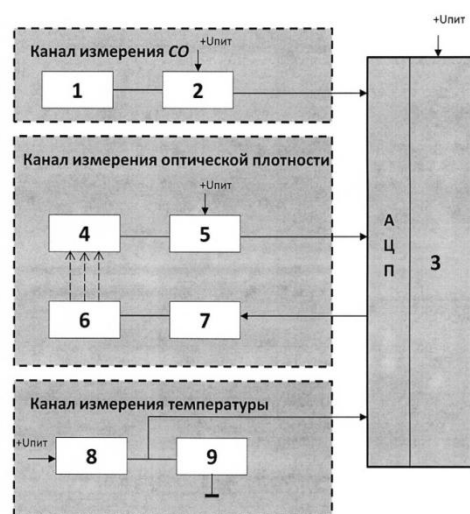
Сравнительно простые алгоритмы обработки сигналов сенсоров могут реализовываться непосредственно в МПИ. В приборах обработки информации СПС могут использоваться значительно более сложные алгоритмы обработки текущих значений контролируемых факторов.

Структурная схема МПИ с тремя каналами измерений: оптической плотности контролируемой зоны (с узлом измерения рассеянного дымом ИК излучения), концентрации угарного газа (с использованием электрохимического датчика) и температуры (с использованием терморезистора в качестве датчика температуры), показана на рис. 2 [1].

Наиболее эффективным точечным пожарным извещателем, обеспечивающим раннее обнаружение широкого спектра очагов в различных условиях эксплуатации, считается именно мультикритериальный дымовой-тепловой-газовый СО-извещатель [2]. Причем современные технологии позволяют его реализовать в корпусе стандартных размеров.

Можно считать, что МПИ во многом обязаны своим появлением решению задачи повышения помехоустойчивости и защиты от ложных срабатываний дымовых пожарных извещателей. Дымовые оптико-электронные пожарные извещатели совершенствовались по пути сокращения времени обнаружения, расширения спектра очагов загораний и повышения достоверности сигнала «Пожар».

Существенный недостаток дымового оптико-электронного извещателя - это пониженная чувствительность по дымам с мелкими частицами. Открытые очаги быстро развиваются и представляют особую опасность, причем загорание многих материалов, например, пластиков и легковоспламеняющихся жидкостей, происходит без стадии тления. Данная проблема в значительной степени устраняется путем дополнения информации дымового канала анализом изменения температуры во времени.



Обозначения 1- электрохимический газовый сенсор, 2 - операционный усилитель, 3 - АЦП микроконтроллера, 4 - фотодиод, 5 - преобразователь ток-напряжение, 6 - ИК-диод, 7 - стабилизатор тока ИК диода, 8 - терморезистор, 9 - резистивный делитель

Рисунок 2 – Структурная схема блока обработки информации мультикритериального пожарного извещателя

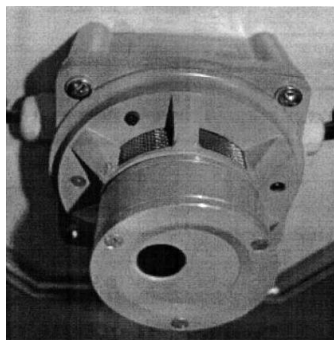
В качестве примера можно привести дымовой пожарный извещатель с тепловым датчиком и обработкой информации в режиме High Performance Optical (HPO) [3,4]. Канал измерения температуры в нем используется только для расширения возможностей дымового канала, чувствительность которого изменяется в зависимости от температуры окружающей среды. Данный алгоритм обработки информации позволяет обнаруживать пламенные пожары с эффективностью радиоизотопного дымового пожарного извещателя. Другой пример МПИ – газовый извещатель угарного газа (CO) с тепловым сенсором, в котором чувствительность по газовому каналу CO зависит от изменения температуры окружающей среды. Подобные алгоритмы позволяют значительно снизить вероятность ложных тревог при воздействии пара, пыли и аэрозолей.

Сочетание дымового и теплового сенсоров позволяет реально сократить время обнаружения открытых очагов, что очень важно ввиду их быстрого развития. Сочетание сравнительно небольших концентраций дыма при повышении температуры окружающей среды - достоверный признак ранней стадии горения пластических, легко воспламеняющихся жидкостей и других материалов, не имеющих стадии тления.

Более лучшие результаты по защите от ложных срабатываний с одновременным сокращением времени обнаружения пожароопасной ситуации показывают мультисенсорные пожарные извещатели, в которых наряду с дымовым и тепловым устанавливают сенсор угарного газа (CO сенсор). CO сенсор обеспечивает раннее обнаружение скрытых, медленно развивающихся, тлеющих очагов. При скрытом тлении углеродосодержащих материалов при ограничении доступа кислорода образуется угарный газ CO при сравнительно небольшом уровне задымления. С другой стороны, газовый сенсор CO обеспечивает хорошую защиту от ложных тревог при воздействии пара, аэрозолей, пыли и т.д. Повышение оптической плотности среды при отсутствии угарного газа CO позволяет распознать помеховые воздействия, не связанные с пожароопасной обстановкой, поскольку тлеющие очаги всегда сопровождаются образованием значительной концентрацией угарного газа CO.

Сравнительно простые алгоритмы обработки сигналов сенсоров реализуются непосредственно в МПИ. В приборах обработки информации СПС информация, поступающая от МПИ, может использоваться в значительно более сложных алгоритмах обработки текущих значений контролируемых факторов. И в настоящее время наиболее эффективным точечным пожарным извещателем, обеспечивающим раннее обнаружение широкого спектра очагов в различных условиях эксплуатации, считается именно мультикритериальный дымовой-тепловой-газовый СО-извещатель. Причем современные технологии позволяют его реализовать в корпусе стандартных размеров. В качестве примера на рис. 3 представлен мультикритериальный пожарный извещатель, контролирующий параметры сразу четырех опасных факторов пожара.

Необходимо отметить, что реакция на тлеющие очаги у мультикритериального дымового-теплого-газового СО-извещателя значительно быстрее по сравнению с дымовым каналом и с газовым СО-каналом. Мультикритериальному дымовому-тепловому-газовому СО-извещателю требуется для формирования сигнала «Пожар» по тлеющему очагу в 2 раза меньше времени, чем дымовому извещателю, и в 1,5 раза меньше, чем газовому СО-извещателю. Вместе с тем, необходимо отметить, что за рубежом пожарные одноканальные газовые СО-извещатели не выпускаются из-за отсутствия реакции на открытые очаги, из-за ложных тревог при воздействии различных газов, в том числе монооксида углерода СО не пожарного происхождения и по другим причинам.



*Рисунок 3 – Мультикритериальный пожарный извещатель с сенсорами пламени, тепла, дыма и угарного газа из состава аппаратуры комплекса «Гамма-01Ф»*

Мультикритериальные алгоритмы обнаружения пожара могут быть разными, но общим является осуществление непрерывного и одновременного контроля за несколькими потенциально возможными факторами пожара (дым, тепло, угарный газ, инфракрасное или ультрафиолетовое излучение пламени) от момента их возникновения и формирования сигнала пожарной тревоги на основе анализа относительного изменения этих факторов во времени.

В настоящее время исследуется возможность применения в судовых СПС следующего, предложенного разработчиком ООО «НПО «Пожарная автоматика сервис», мультикритериального алгоритма [5]. Нормируемой, программно задаваемой величиной, по достижении которой объявляется пожарная тревога, является величина изменения фактора относительно текущего значения, так называемый «дельта-фактор» (дельта-фактор – это нормируемое изменение фактора пожара по величине за установленный промежуток времени). Сигнал пожарной тревоги должен формироваться при обнаружении двух дельта-факторов разной физической природы.

Проведенные на модельных очагах пожаров испытания [6], подтвердили большую, в среднем в два раза, эффективность мультикритериальных пожарных извещателей по сравнению с комбинированными (критериями эффективности являлись факт и время обнаружения горения модельных очагов пожара по двум факторам горения).

В мировой современной практике модельные очаги пожаров применяются для тестирования систем пожарной сигнализации на эффективность главным образом потому, что они

прекрасно имитируют пожары в начальной стадии развития. Условие следующее, если система обнаруживает горение модельного очага до момента прекращения его горения, то она признается эффективной. Если же система не срабатывает на модельный очаг пока идет горение, она соответственно считается неэффективной. Из двух эффективных систем та является лучшей, которая очаги горения обнаруживает раньше. При этом не важно, какие модельные очаги выбираются в качестве тестовых, так как специфика, их горения и опасные факторы пожара, которые при этом себя проявляют, в одинаковой мере воздействуют на тестируемые пожарные извещатели.

Зафиксированные значения контролируемых параметров в момент обнаружения пожара мультикритериальным пожарным извещателем позволили выявить интересную закономерность. При повторении одних и тех же модельных очагов пожаров относительные значения зафиксированных в момент обнаружения пожара параметров отличались незначительно. Но для разных модельных очагов относительные значения зафиксированных параметров явно отличались. То есть, для каждого модельного очага можно было наблюдать свои характерные черты.

Это позволило выдвинуть гипотезу, что использование мультикритериальных алгоритмов обработки сигналов в судовых системах пожарной сигнализации позволит автоматически распознавать «что именно горит».

Предполагается, что МПИ будут эффективны в большинстве судовых помещений. МПИ должны обеспечить существенный рост эффективности обнаружения пожаров на начальных этапах их развития в жилых помещениях, коридорах жилых отсеков, общественных помещениях, служебных помещениях, постах управления, агрегатных, помещениях главных и других распределительных щитов, кладовых, хранилищах, насосных отделениях.

Большие сомнения вызывают предложения использовать МПИ также в помещениях насыщенных техническими средствами (ТС) и оборудованием. В этих помещениях при работе ТС могут образовываться такие концентрации задымленности и угарного газа, которые воспринимаются пожарными извещателями как факторы пожара. При защите этих помещений средствами пожарного контроля требуется особый подход при выборе пожарных извещателей и других устройств контроля и разработке алгоритмов обработки получаемой от них информации. Сложность заключается не только в том, чтобы обнаружить признаки пожара, но и в необходимости определения конкретного места источника пожара. Это необходимо знать для принятия решения о включении средств локального пожаротушения.

Несмотря на ожидаемый положительный эффект, внедрение мультикритериального подхода в судовые СПС сдерживается отсутствием обоснованных требований к величинам дельта-факторов и нормам по установке мультикритериальных пожарных извещателей в помещениях различного назначения. Необходимо также исследовать, какую дополнительную информацию могут предоставить мультикритериальные пожарные извещатели (МПИ) при борьбе с пожаром, оценить степень доверия к этой информации и разработать правила ее использования в процессе тушения пожаров.

#### *Список литературы*

1. Антошин А.А. каналами измерения в мультикритериальном пожарном извещателе. // Труды 8-й научно-технической конференции «Приборостроение-2015». Секция 1. Измерительные системы и приборы, технические средства безопасности. Минск, Республика Беларусь, репозиторий БНТУ. 2015. С. 39-41.
2. Неплохов И.Г. Пожарные извещатели. Термины, определения, принцип действия. Каталог ОПС. Охранная и охранно-пожарная сигнализация. Периметральные системы. 2013.
3. Скорфилд С. Мультисенсор - эффективное решение проблемы ложных срабатываний систем пожарной сигнализации // Системы безопасности. 2006. № 5.
4. Неплохов И.Г, Пожарные СО-тепловые извещатели: европейские испытания. // Системы безопасности. 2009. № 4.
5. Круглеевский В.Н., Образцов И.В., Пустынников С.С. Мультикритериальный подход к повышению быстродействия и достоверности обнаружения пожара на кораблях ВМФ.

// Сборник статей и докладов межведомственной научно-технической конференции «Актуальные проблемы военной науки и политехнического образования ВМФ». ВМПИ ВУНЦ ВМФ ВМА. СПб. 2016. С. 44-48.

6. Экзамен на эффективность // Морской бизнес северо-запада. 2016. № 3. С. 34-35.

## КЛАСТЕР ПРОБЛЕМАТИКИ В НАВИГАЦИОННЫХ АСПЕКТАХ ПРОХОЖДЕНИЯ СУДОВ В АКВАТОРИИ КРЫМСКОГО МОСТА

**Черный Сергей Григорьевич** – заведующий кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства

*Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Россия, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, д. 82*

**Будник Владислав Юрьевич** – аспирант,

*Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Россия, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, д. 82, bydja2@yandex.ru*

Аннотация. Экономическое развитие Южного федерального округа РФ положительно повлияло на развитость судоходства по Керченскому проливу, увеличивая транспортные объемы грузов для российских портов Азовского моря и как следствие увеличив интенсивность судоходства по каналу Керчь-Ени-Кале (КЕК), который является для большей части грузовых судов, единственным безопасным путем по Керченскому проливу. Для полной оценки безопасности плавания проливом, необходимо учитывать маневренные и размерные характеристики судов, проходящих по каналу КЕК, топографические и гидрометеорологические характеристики акватории Керченского пролива, а также влияние на безопасность судоходства строительства Крымский моста.

Ключевые слова: Керченский пролив, Крымский мост, безопасность плавания, керченская паромная переправа, канал Керчь-Ени-Кале, движение в узкости, правила маневрирования.

## THE CLUSTER PERSPECTIVE INTO THE NAVIGATION ASPECTS OF PASSAGE SHIPS IN THE WATER AREA OF THE CRIMEAN BRIDGE

*Budnik Vladislav Yu. – Kerch State Technological University*

*Ordzhonikidze str., 82, Kerch, 298309, Russian Federation, bydja2@yandex.ru*

*Chernyi Sergei G. – Kerch State Technological University*

*Ordzhonikidze str., 82, Kerch, 298309, Russian Federation, sergiiblack@gmail.com*

Abstract. The economic development of the Southern Federal District of the Russian Federation has positively affected the development of navigation via the Kerch Strait, increasing the cargo turnover for the Russian ports at the Sea of Azov and, as a consequence, increasing the intensity of navigation through the Kerch-Eni-Kale (KEK) channel, which for most cargo ships is the only safe way at the Kerch Strait. In order to fully assess the safety of the passage through the strait, it is necessary to take into account the maneuverable and dimensional characteristics of ships passing vis the KEK channel, topographic and hydrometeorological characteristics of the Kerch Strait water area, and the impact of the building of the Crimean bridge on a safety of navigation.

Keywords: Kerch Strait, Crimean Bridge, safety of navigation, Kerch ferry, the Kerch-Eni-Kale channel, the sailing in the narrow, the rules of maneuvering.

В последние годы, экспортные объемы нефти и газа с территории Южного федерального округа имеют устойчивую тенденцию к увеличению, при этом большая часть груза отправляется морским транспортом, так как он является наиболее дешевым и доступным в связи с наличием ряда специально оборудованных портов и портовых сооружений. Увеличение экспортных объемов вызвано развитием добычи морских углеводородов на каспийском шельфе и шельфе Азовского моря, ростом экспорта российской зерновой продукции, металла, руды, украинского угля и др. Все это привело к стихийному развитию перевозки груза морским транспортом из российских и украинских портов Азовского моря через Керченский пролив по каналу КЕК, который служит для прохождения по нему, крупно, средне и малотоннажных судов.

Вышеуказанные факторы в экономики Южного федерального округа, вызвали развитость транспортного узла в Керченском проливе, что в свою очередь создает интенсивный трафик движения, где одновременно может учувствовать более 100 судов.

Для создания условий безопасного мореплавания в Керченском проливе, учитывая новые обстоятельства – строительство Керченского моста, необходимо комплексно оценить и провести анализ существующих проблем на участке плавания ограниченном каналом Керчь Ени Кале (КЕК), через который проходит единственный глубоководный путь под арочным сводом крымского моста.

#### Оценка навигационной обстановки плавания, по КЕК каналу Керченского пролива.

В период ледовой проводки, который носит ежегодный характер, из-за наличия льда по всей поверхности Азовского моря, обычно в январе навигация останавливается, такой лед может затруднять даже движение ледоколов средней мощности. Ледовый режим в Азовском море продолжается от минимума 22 до максимума 145 дней.

Часть льда с Азовского моря начиная, с конца декабря до конца марта, под влияние СВ ветра выносит через Керченский пролив в Черное море, что в свою очередь затрудняет судоходство в проливе и создает опасность столкновения судов с дрейфующим льдом. Вероятность появления дрейфующих льдов в Керченском проливе отмечается с середины января и до начала февраля (до 70%), скорость его дрейфа в среднем 2 узла. При штормовом ветре и усилении дрейфа льда участились случаи посадки малотоннажных судов и судов, стесненных своей осадкой на мель и бровки каналов.

В Керченском проливе в феврале месяце, существует вероятность обмерзания средне и малотоннажных судов. Процесс обмерзания для данного района, характерен скоростью формирования льда на корпусе судна меньше чем 1,5 т/ч. Это явление проявляется уже при температуре -1град. и встречном ветре, формирующем разбрызгивание морской воды на палубу и такелаж судна, а также при выпадении осадков и туманов. Формирование льда на надводном корпусе судна вызывает дополнительную опасность, такую как нежелательный статический крен и, как следствие, потеря возможности управляться должным образом, потеря скорости, плавучести и остойчивости судна с возможностью опрокидывания. Это явление связано в первую очередь со смещением центра тяжести судна, что в худшем случае уменьшает его метацентрическую высоту до отрицательной величины и в результате судно опрокинется. Особенно важно это учитывать для малотоннажного флота, на который влияние небольших масс льда уже вызывает значительные последствия [5-8].

Над всей акваторией Керченского пролива, на протяжении всего года характерны ветра С и СВ направления. Особенно они преобладают на протяжении 8 месяцев в году с сентября по апрель включительно. Частота их повторения в этот период составляет 30-60%. Зимой сильные ветра СВ направления создают так называемые «шторма Азовского моря», они сопровождаются общим, резким понижением температуры и волнением. Такие ветра бывают в сумме 20-30 дней в году. Под влиянием волнения, высокой скорости ветра и низкой температуры суда подвержены обмерзанию с дальнейшими последствиями. В Керченском проливе, преобладает ветер СВ направления. Среднегодовое количество дней со скоростью ветра 15 м/с и больше составляет 28-29. Максимальная скорость ветра, зарегистрированная в Керченском проливе, превысила 40 м/с. [5]



Наиболее сильные и частые течения наблюдаются между мысом Павловский и островом Коса Тузла, где ныне проходит строительство Керченского моста (табл. 1), в узкостях при сильных ветрах она может максимально достигать 3х узлов.

*Таблица 1 – Максимальная скорость течения, зарегистрированная на Павловском колене канала КЕК и Еникальском, где проходит строительство Керченского моста, в узлах*

Участок	Течение, узлы	
	Азовское	Черноморское
Ени-Кале, колено	2,4	2,8
Павловское колено	2,4	2,0

При движении по Керченскому проливу необходимо знать, что в его северной части, ограниченной линией коса Тузла- м. Павловский наиболее опасными являются волнообразующий ветер СВ и С направления с повторяемостью 33%, в то время как в южной части ЮВ, Ю и ЮЗ ветра с повторяемостью 28%. Мелкие глубины Керченского пролива вызывают трансформацию волн, делая их очень крутыми и короткими. При движении волны с глубоководья на мелководье, сначала она имеет тенденцию к уменьшению, но при достижении отметки глубины составляющей менее половины длины волны  $H < \lambda/2$ , ее высота резко возрастает и в несколько раз превышает высоту соответствующих волн на глубоководье. В среднем около 30 дней в году характерна штормовая погода до 7 баллов, большая их часть приходится на холодное время года в среднем 4-6 дней в месяц [4-7].

При движении каналом КЕК в темное время суток, суда сверяют свое местоположение по ведущим и пересекающим створам. По оси колена Ени-Кале для обеспечения безопасности плавания по направлению в Черное море, имеется створ маяков Камыш-Бурунский и Чурбашский. При этом особенностью Камыш-Бурунского и Чурбашского створных маяков, ведущих по колену Ени-Кале в том, что в летние месяцы сильные испарения Чурбашского озера, закрывают яркий огонь Чурбашенского маяка. При движении по Камыш-Бурунско-Чурбашскому створу между буйами №20-22, передняя башня маяка Камыш-Бурунский закрывает маяк Чурбашский, что может привести к потере курсового ориентира и отклонению от заданного курса. Ночью маяк Чурбашский сливается с огнями порта Камыш-Бурун. При этом чувствительность створа не более 7-8 миль. Это все приводит к тому, что видимость створа резко ухудшается.

С обеих сторон колена Ени-Кале много подводных опасностей. Тут встречаются подводные части опор разрушенной подвесной канатной дороги, остатки опор разрушенного железнодорожного моста, затонувшие суда и несколько банок. Глубины над этими объектами составляют от 0,4 до 4,6 м, все это является невидимыми навигационными опасностями для безопасного плавания.

При плавании по каналу необходимо строго придерживаться его оси, так как при приближении к бровке существует вероятность наткнуться на одну из навигационных опасностей, которых там большое количество, как и оказаться под влиянием «эффекта присасывания» и произвести касание грунта. Так же плавание вблизи бровок опасно тем, что возможен вариант посадки на мель, так как существует вероятность обвала бровки канала и его заиливания, которая в первую очередь уменьшает глубины канала у бровок.

Оценка навигационной обстановки плавания, по КЕК каналу, после строительства Крымского моста. Со строительством моста навигационная ситуация может усугубиться. Одним из способов отрицательного влияния мостостроения на безопасность мореплавания в данном районе строительства, является скопление опор моста. Эти опоры могут стать преградой для дрейфующего льда в зимние месяцы, соответственно большая плотность скопившегося льда может создать дополнительные проблемы для безопасного прохода малых и других судов. Этот факт так же непосредственно повлияет на грузооборот и развитие судоходства азово-черноморского региона.

При установке безопасной скорости применительно к плаванию по Керченскому проливу, в числе прочих пунктов правила 6 МППСС-72, необходимо учитывать наличие льда в холодные месяцы в проливе. При ведении радиолокационной прокладки лед дает при отражении слабый сигнал, который обнаружить не всегда является возможным. Особенно это опасно в ночное время суток, когда визуальное наблюдение вести проблематично. Столкновение со льдиной на больших скоростях может причинить значительный вред для малых и средне тоннажных судов.

Вторым негативным фактором, влияющим на безопасность судоходства по каналу КЕК, это наличие арок моста над каналом, что приведет к созданию теневого сектора для радара от моста, защитных экранов и его опор, ухудшит условия видимости и ограничит судоводителя в полные оценки навигационной ситуации.

В-третьих, из-за строительства моста, необходимо иметь ввиду, что пролет будет являться искусственной помехой для видимости направляющих створов при движении по колону Ени-Кале, что в свою очередь необходимо заблаговременно учесть и предпринять меры для решения этой проблемы.

Высота установленного пролета моста над водой в 35 метров закрывает Азовское море для прохода самоподъемных плавучих буровых установок (СПБУ) из Черного моря, высота надводного борта с учетом опор превышает плановую высоту пролета Керченского моста. Можно сделать вывод, что развитие газодобычи Азовского моря может усложниться, так как при необходимости придется спиливать опоры для проведения СПБУ под мостом на безопасной высоте, что повлечет за собой вынужденные затраты.

Вывод. С точки зрения навигационной безопасности наличие моста в данном районе приведет к созданию теневого сектора для радара от моста и его опор, ухудшит условия видимости и ограничит судоводителя в полной оценке навигационной ситуации. Морфологические и гидрометеорологические особенности района, делают движение по каналу КЕК опасным мероприятием при определенных условиях. Поэтому детальная проработка своего рейса и оценка всех возможных рисков при прохождении каналом КЕК, должна выполняться систематически и заблаговременно. Особенно это касается участка проходящего по Еникальскому колону КЕК, где проходит строительство Крымского моста и который является наиболее узким местом пролива.

#### *Список литературы*

1. Справочник по теории корабля: в 3-х т.т.3. Управляемость водоизмещающих судов. Гидродинамика судов с динамическими принципами поддержания./под ред. Войткунского Я.И. Л.: Судостроение. 1985. 544 с.
2. Корнараки В.А. Маневрирование судов / М:Транспорт. 1979. 125 с.
3. Алексейчук М.С. К вопросу о распределении погрешностей навигационных измерений//Методы и технические средства судовождения. М.: В/О «Мортехинформреклама», 1991. С. 30 (ГМА. им. адм. С.О. Макарова).
4. Матишов Г.Г., Чикин А.Л. Исследование ветровых течений в керченском проливе с помощью математического моделирования. Вестник южного научного центра РАН. 2012. Том 8. № 2. С. 27-32
5. Соколов С.С., Нырков А.П., Черный С.Г., Жиленков А.А. Устройство контроля остойчивости судна. Патент на полезную модель RUS 165914 от 29.06.2016.
6. IMO Resolutions A.817 (19), MSC.64 (67) and MSC.86 (70).
7. Zhilenkov A., Chernyi S. Investigation performance of marine equipment with specialized information technology / Procedia Engineering. Vol. 100, 2015. P. 1247-1252.
8. Chernyi S., Zhilenkov A. Modeling of complex structures for the ship's power complex using XILINX system. Transport and Telecommunication. Vol. 16 (1), 2015. P. 73-82

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ЦЕННОСТНОЙ ОЦЕНКИ ДЕЙСТВИЙ СУДОВОДИТЕЛЕЙ НА ТРЕНАЖЕРАХ

*Маринов Марин Любенов – доктор по технике (Болгария), ведущий научный сотрудник*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, marinlomsky@gmail.com  
Республика Болгария, г. Варна*

*Аннотация. В статье рассматривается один из аспектов проблемы влияния человеческого фактора на безопасность профессиональной деятельности на морском транспорте, связанный с ценностной оценкой действий. Автором предлагается новый методологический подход оценки и прогнозирования профессионального поведения специалистов водного транспорта в нормальных и экстремальных условиях (на примере оценки судоводителей).*

*Ключевые слова: человеческий фактор, профессиональное поведение, безопасность, эффективность*

## METHODOLOGICAL CONCEPT OF VOCATIONAL VALUE EVALUATION OF NAVIGATORS ON SIMULATORS

*Marinov Marin Ljubenov – Ph.D., leading researcher, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences, Bulgaria, Varna, marinlomsky@gmail.com*

*Abstract. This article deals with one aspect of the problem of human factor influence on the security of professional activity on the maritime transport associated with the value assessment. The author proposes a new methodological approach for assessing and forecasting of professional conduct water transport specialists in normal and extreme conditions (for example, evaluation of navigators).*

*Keywords: the human factor, professional conduct, safety, efficiency*

Сейчас подготовка специалистов водного транспорта, во время обучения на тренажерах, оценивается по проявленным профессиональным качествам, способностям и по количеству и качеству достигнутых результатов во время тренировок и экзаменов. Подобная оценка содержит в себе частичную оценку вложенной человеком воли и частично может выразить проявленный им интерес. Но в этой распространенной системе оценивания, к сожалению, полностью отсутствует один из самых важных аспектов оценки человеческой деятельности – ценностный аспект. А именно этот аспект, охватывающий морально-нравственную оценку вместе с оценкой воли и интереса, очень часто является определяющим для достижения успеха в морской профессии, или ведет к авариям и несчастным случаям [1,2].

В представленной методике учет ценностных характеристик судоводителей осуществляется обучающим инспектором (во время тренировок) или экспертной группой (из инспекторов, преподавателей, морских специалистов) во время экзамена – по нескольким взаимосвязанным критериям (ответственность и долг, воля и интерес). Основное преимущество групповой экспертной оценки заключается в уменьшении различий во мнениях, в возможности получения в какой-то степени обобщенного и более представительного мнения. Учитывая характер производимых оценок, синтез обобщенного мнения целесообразно осуществить статистическим способом (среднее арифметическое, среднее взвешенное, сумма рангов, мажоритарная выборка) [3].

Предлагается следующая последовательность расчетов по учету ценностного аспекта действий судоводителей во время обучения на тренажерах [4,5]:

Используя зависимость между субъективными оценками и их количественными выражениями в таблице 1, инструктор заполняет таблицу 2;

Инструктор, напротив каждой оценки, определяет условную количественную величину, по каждому показателю, в соответствии с функцией Харрингтона в виде, указанном в таблице 1;

Таблица 1

СУБЪЕКТИВНЫЕ ОЦЕНКИ	КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ВЫРАЖЕНИЯ
Очень хорошо	1,00 - 0,81
Хорошо	0,80 – 0,64
Удовлетворительно	0,63 – 0,38
Плохо	0,37 – 0,21
Очень плохо	0,20 – 0,00

Таблица 2

ЦЕННОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ: ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА:	Пре- вен- тив- ность ( $o_1$ )	Резерв ( $o_2$ )	Разумный риск ( $o_3$ )	Посто- янная готов- ность ( $o_4$ )	Дисци- плина ( $o_5$ )	Посто- янство ( $v_1$ )	Решитель- ность ( $v_2$ )	Инициатив- ность ( $i_1$ )	Неор- динар- ность ( $i_2$ )
	<b>НА ЭТАПЕ МАНЕВРИРОВАНИЯ (<math>M_n, n = 1-10</math>)</b>								
организации подготовки									
получ ГМТО и НАВ информации									
района маневра									
идеи маневра									
готовности СУ и СД									
готовности судна									
Готовности экипажа									
проведения маневра									
наблюд. за маневренными хар-ками									
наблюд. за обстан. (ГМТО, операт, навиг)									
<b>НА ЭТАПЕ ПЕРЕХОДА (<math>P_r, r = 1-6</math>)</b>									
предварит. прокладки									
загрузки судна									
маневрирования на переходе									
наблюд. за обстан. (ГМТО, операт, навиг)									
организации связи									
организации определения места									
<b>НА ЭТАПЕ ДЕЙСТВИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ (<math>C_s, s = 1-8</math>)</b>									
борьбы с техническими неисправностями									
борьбы с пробойнами									
борьбы с пожарами									
борьбы с нарушением отстойчивости									
борьбы с террористическими нападениями									
маневрирования в узкостях									
маневрирования для избежания навиг. опасностей									
маневрирования при посадки на мель									

3. В соответствии с проставленными величинами показателей, определяется величина ценностной оценки судоводителей, по каждому критерию *на этапе маневрирования*, по формуле:

$$P_{Mn} = \lambda_i \sum_1^5 O_M(x_i) + \lambda_j \sum_1^2 V_M(y_j) + \lambda_k \sum_1^2 I_M(z_k), \quad (1)$$

где  $P_{Mn}$  – суммарная оценка по всем показателям для «n» – той оценки, на этапе маневрирования;

$O_M(x_i)$  – оценка  $i$  – ого показателя по критерию «ответственность», на этапе маневрирования ( $i = 1-5$ );

$V_M(y_j)$  – оценка  $j$  – ого показателя по критерию «воля», на этапе маневрирования ( $j = 1-2$ );

$I_M(z_k)$  – оценка  $k$  – ого показателя по критерию «интерес», на этапе маневрирования ( $k = 1-2$ );

$\lambda_i$  – весовой коэффициент оценки по критерию «ответственность», на этапе маневрирования;

$\lambda_j$  – весовой коэффициент оценки по критерию «воля», на этапе маневрирования;

$\lambda_k$  – весовой коэффициент оценки по критерию «интерес», на этапе маневрирования;

4. Определяется средняя величина ценностной оценки судоводителей по всем критериям *на этапе маневрирования*, по формуле:

$$P_{Mncp} = \frac{\sum_{n=1}^{10} P_{Mn}}{10} \quad (2)$$

где  $P_{Mncp}$  – средняя величина ценностной оценки судоводителей по всем критериям, на этапе маневрирования.

5. В соответствии с проставленными величинами показателей, определяется величина ценностной оценки судоводителей по каждому критерию *на этапе перехода*, по формуле:

$$P_{Pr} = \lambda_i \sum_1^5 O_P(x_i) + \lambda_j \sum_1^2 V_P(y_j) + \lambda_k \sum_1^2 I_P(z_k) \quad (3)$$

где  $P_{Pr}$  – суммарная оценка по всем показателям для «r» – той оценки, на этапе перехода;

$O_P(x_i)$  – оценка  $i$  – ого показателя по критерию «ответственность», на этапе перехода ( $i = 1-5$ );

$V_P(y_j)$  – оценка  $j$  – ого показателя по критерию «воля», на этапе перехода ( $j = 1-2$ );

$I_P(z_k)$  – оценка  $k$  – ого показателя по критерию «интерес», на этапе перехода ( $k = 1-2$ );

$\lambda_i$  – весовой коэффициент оценки по критерию «ответственность», на этапе перехода;

$\lambda_j$  – весовой коэффициент оценки по критерию «воля», на этапе перехода;

$\lambda_k$  – весовой коэффициент оценки по критерию «интерес», на этапе перехода.

6. Определяется средняя величина ценностной оценки судоводителей по всем критериям *на этапе перехода*, по формуле:

$$P_{Prсp} = \frac{\sum_{r=1}^6 P_{Pr}}{6} \quad (4)$$

где  $P_{Pr\ cp}$  – средняя величина ценностной оценки судоводителей, по всем критериям на этапе перехода;

7. В соответствии с проставленными величинами показателей, определяется величина ценностной оценки судоводителей, по каждому критерию на этапе «Действия в чрезвычайных ситуациях», по формуле:

$$P_{C_s} = \lambda_i \sum_1^5 O_C(x_i) + \lambda_j \sum_1^2 V_C(y_j) + \lambda_k \sum_1^2 I_C(z_k) \quad (5)$$

где  $P_{C_s}$  – суммарная оценка по всем показателям для «s» – той оценки, на этапе «Действия в чрезвычайных ситуациях»;

$O_C(x_i)$  – оценка  $i$  – ого показателя по критерию «ответственность», на этапе «Действия в чрезвычайных ситуациях», ( $i = 1-5$ );

$V_C(y_j)$  – оценка  $j$  – ого показателя по критерию «воля», на этапе «Действия в чрезвычайных ситуациях», ( $j = 1-2$ );

$I_C(z_k)$  – оценка  $k$  – ого показателя по критерию «интерес», на этапе «Действия в чрезвычайных ситуациях», ( $k = 1-2$ );

$\lambda_i$  – весовой коэффициент оценки по критерию «ответственность», на этапе «Действия в чрезвычайных ситуациях»;

$\lambda_j$  – весовой коэффициент оценки по критерию «воля», на этапе «Действия в чрезвычайных ситуациях»;

$\lambda_k$  – весовой коэффициент оценки по критерию «интерес», на этапе «Действия в чрезвычайных ситуациях»;

8. Определяется средняя величина ценностной оценки судоводителей, по всем критериям на этапе «Действия в чрезвычайных ситуациях», по формуле:

$$P_{C_s\ cp} = \frac{\sum_{s=1}^8 P_{C_s}}{8} \quad (6)$$

где  $P_{C_s}$  – средняя величина ценностной оценки судоводителей, по всем критериям на этапе «Действия в чрезвычайных ситуациях»;

9. Определение общей величины ценностной оценки действий судоводителей на тренажере, на всех этапах перехода, по формуле:

$$P_{общ} = P_{M_n\ cp} + P_{Pr\ cp} + P_{C_s\ cp} \quad (7)$$

где  $P_{общ}$  – общая величина ценностной оценки действий судоводителей, на всех этапах перехода;

В случае, что на определенном этапе ценностные характеристики обучаемого не проверялись, инструктор ставит среднюю величину ценностной оценки судоводителя (для соответствующего этапа), равной «0».

10. Инструктор в таблице 3 напротив полученной количественной величины для  $P_{общ}$ , определяет соответствующую ей «оценка доверия судоводителю».

В заключении можно сказать, что предложенная методика учета ценностного аспекта действий судоводителей во время обучения на тренажерах, может быть разработана в программном виде и может быть использована для всех специальностей водного транспорта, в удобном для программирования и электронной обработки результатов, виде. В этом виде,

она является только одним из возможных вариантов решения проблемы с математической обработкой большого количество субъективных данных.

Таблица 3

ОБЩАЯ ВЕЛИЧИНА «ЦЕННОСТНОЙ ОЦЕНКИ ДЕЙСТВИЙ СУДОВОДИТЕЛЯ» Р общ	ОЦЕНКА ДОВЕРИЯ СУДОВОДИТЕЛЮ
10,0 - 8,0	Судоводителю рекомендуется <i>полностью доверять</i>
7,9 – 6,0	Судоводителю рекомендуется доверять, с дополнительным контролем <i>над некоторыми</i> , более ответственными действиями ( <i>определяются инструктором, в зависимости от достигнутых результатов</i> )
5,9 – 3,0	Рекомендуется дополнительный контроль <i>над всеми</i> , действиями судоводителя
2,9 – 0,0	Рекомендуется обратить внимание на морально-волевое состояние и профессиональную пригодность судоводителя

Методика отражает наиболее общие принципы и положения, составляющие основу авторского подхода. В зависимости от профессиональной специфики, она допускает изменение количества и содержания предложенных критериев и показателей и может включать различные методики вычисления по каждому отдельному показателю.

#### Список литературы

1. Евсеенко С.М., Скороходов Д.А. О степени интеллектуализации, роботизации и интегрированной оценки управления организационно-технологическими процессами предприятия и корабля // Научный журнал «Морские интеллектуальные технологии». Санкт-Петербург. 2013. № 4 (22). С. 53-60.
2. Скороходов Д. А. Функции и режимы интегрированных систем управления // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. 84 с.
3. Маринов М.Л. Ситуационное моделирование безопасности человеческого поведения с использованием функционально-психологической модели // Морской вестник, 2009. № 4. С.75-78.
4. Маринов М.Л., Малыгина Е.А. Роль человеческого фактора в проблеме транспортной безопасности // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2013. № 2 (26). С. 19-26.
5. Маринов М.Л. Проблемы и перспективы оценки поведения руководителей и специалистов в профессиональной сфере // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2015. № 4 (39). С. 215-224.

УДК 656.658.310.8; 656.001.5

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА В ЦЕЛЯХ БЕЗОПАСНОСТИ НА МОРЕ

*Маринов Марин Любенов* – доктор по технике (Болгария), ведущий научный сотрудник

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, [marinlomskey@gmail.com](mailto:marinlomskey@gmail.com)  
Республика Болгария, г. Варна

*Аннотация.* В статье рассматриваются принципы тренажерного обучения судоводительского состава в целях обеспечения безопасности управления судов на море.

*Ключевые слова:* безопасность, маневрирование судов, принципы обучения.

## SOME ASPECTS OF WATER TRANSPORT TRAINING FOR SAFETY AT SEA

*Marinov Marin Ljubenov – Ph.D., leading researcher, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences, marinlomsky@gmail.com  
Bulgaria, Varna*

*Abstract.* This article discusses some of the principles of fitness training sudovoditel'skogo composition in order to ensure the safety and management of ships at sea.

*Keywords:* security, maneuvering ships, principles of learning.

Деятельность по навигационной безопасности судоходства, основана на выполнении международных конвенций, требований национального законодательства, направлена на повышение уровня безопасности мореплавания и предупреждение аварийности судов. Однако ограниченные ресурсные возможности, а также доминирующие коммерческие интересы усугубляют риск аварий и происшествий. Проведенный анализ в сфере безопасности на водном транспорте [1,2], показывает, что в целом тенденции аварийности сохраняются, а причины возникновения технических аварийных ситуаций не всегда связаны с недостатками в организации работы судовых экипажей, с их недостаточной профессиональной подготовкой, с пропусками в действиях береговых служб управления, служб технического обслуживания и судоремонта. Специалисты и ученые указывают на то, что основными причинами увеличения человеческих ошибок не являются понижение базового уровня подготовки и отсутствие достаточных практических навыков у моряков. Профессиональные ошибки все еще являются частым явлением, но в основе их лежит непонимание деховно-ценностной стороны человеческой сущности и все более нарастающий конфликт между ней и поступающей сложнейшей современной техники. Сейчас руководящая и операторская деятельность специалистов на борту судна информационно перегружена и плохо обеспечена технологиями принятия управленческих решений, учитывающими психологическое и профессионально-нравственное состояние человека. В анализах, вместе с тенденциями связанными с учащающемся нарушением судоводителями требований нормативных документов, недостаточным знанием динамических характеристик судна и правил плавания, неадекватностью действий в сложных навигационных и гидрометеорологических условиях и остальными недостатками ресурсного, технического, организационно-управленческого и логистического характера, наблюдается, так же, устойчивая тенденция к постепенному увеличению безответственности и недисциплинированности. В связи с этим везде и во всем говорят о влиянии так называемого «человеческого фактора», но что такое «человеческий фактор» до сих пор все еще никто не сформулировал корректно. В этом плане ясно одно – понятие «человеческий фактор» охватывает всего человеческого поведения, а профессиональным поведением пока занимаются все клоний современной науки, но только в своих узких границах и затрагивая только некоторые поверхностные аспекты. Создание единой модели, раскрывающей общую логику формирования человеческого поведения в нормальной обстановке и чрезвычайных ситуациях затруднено, потому что природа существующих психологических процессов и явлений недостаточно исследована. Поэтому вопросы о том, «Какие факторы являются формирующими профессионального поведения транспортных специалистов в различных ситуациях?» и «Как их учесть?», остаются нерешенными.

Выход из ситуации предлагается автором [3], путем создания модели процесса принятия решения для действия с учетом только функционального аспекта использованных психологических категорий и с акцентом на процесс их изменения и развития. Такой подход исследования человеческого поведения назван условно «Функционально- психодинамическим подходом» (ФПДП). Результаты наблюдений и проведенного ситуационного моделирования



с использования ФПДП показывают, что есть три фактора, которые в значительной мере определяют качество решений, принимаемых морскими специалистами. Это – *интерес, воля и мораль*.

Факторы мораль, воля и интерес лежат в основе всего профессионального поведения. Триаду необходимо рассматривать только в единстве и взаимосвязи: если нет интереса – человек не направляет свою волю на решении существующих проблем; если нет воли – возникший интерес нельзя реализовать, а если нет морали – интерес и воля ведут к небезопасным и неэффективным действиям. Мораль, воля и интерес являются ключевыми факторами для обеспечения безопасности поведения специалистов водного транспорта, но для достижения успеха они не достаточны. Только гармоничное развитие руководителей и специалистов водного транспорта в морально-нравственном и волевом отношении и формирование их интересов, вместе с параллельной профессиональной, психологической и физической подготовки, может являться хорошей основой для будущего успеха их действий в нормальных условиях и аварийных ситуациях.

Сейчас аварийные ситуации на море условно можно разделить по следующим признакам [4,5]:

– *исходя из причин приводящих к наступлению аварийной ситуации*: ситуации вызванные аварийностью средств управления или средств движения своего (чужого) корабля, ситуации вызванные гидрометеорологическими условиями; ситуации вызванные человеческой ошибкой, ситуации возникшие по причине комбинированного воздействия вышеуказанных факторов;

– *исходя из места возникновения аварийной ситуации*: в узких местах (в проливах, каналах, реках, на якорных стоянках, при входе (выходе) в порт, в СРД и др.), в открытом море;

– *исходя из состояния гидрометеорологических условий*: в ясную погоду, в штормовую погоду, при отсутствии видимости, при комбинации вышеуказанных условий.

Во всех условно перечисленных ситуациях (классификация может быть произведена и по другим произвольно выбранным признакам) капитан судна или вахтенный судоводитель должен оценить создавшуюся обстановку и принять решения о маневрировании с целью обеспечения безопасности судна. В этом процессе важнейшим этапом является определение того момента в который обстоятельства переходят под определение «аварийных» (экстремальных). Этот процесс во всех перечисленных случаях, кроме редких исключений, связан с другими двумя понятиями, которые условно будут названы в статье «*потерянное время на реагирование*» и «*соблюдение принципов безопасности плавания*» [1,2].

«*Потерянное время на реагирование*» для осуществления оптимально безопасного маневра обычно связано: с временем необходимым для комплексного анализа наличной информации о создавшейся обстановке; с временем на оценку ситуации как экстремальной; с временем на принятие решения на осуществление маневра; с временем на осуществление маневра.

Важными факторами, увеличивающие или уменьшающие период потерянного времени для реагирования у судоводителей в аварийных ситуациях являются: наличие приобретенных во время тренажерного обучения способностей к оценке и систематизации большого количества разнородных данных; опыт судоводителей по оценке подобных ситуаций; приобретенный во время обучения и плавания практический опыт; состояние организации службы и дисциплины на корабле, наличие необходимых технических средств для наблюдения и практических навыков по их обслуживанию, определяющие полноту и достоверность полученной информации, развитость чувств долга и ответственности за принятых решений; воспитание в уважение к людям и Природе.

На время оценки ситуации в уже наступивших экстремальных условиях и на время принятия решения на осуществление маневра в основном оказывают влияние опыт судоводителя, морально-нравственная, психологическая и профессиональная готовность к действиям в подобных ситуациях. На длительность осуществления предпринятого маневра влияет психологическая и профессиональная подготовка экипажа выполнить в максимально короткие сроки команды выданные судоводителем и обеспечить надежную работу техники.

Любое принятое вахтенным судоводителем решение по управлению судном носит субъективный характер, заранее формализовать логику его принятия невозможно, потому что нельзя заранее выработать правила логического мышления, которыми должен руководствоваться вахтенный судоводитель во всех случаях и при всех возможных обстоятельствах. Поэтому любые заготовки и клише возможных решений здесь непригодны. Уже не подлежит сомнению что человеческий фактор играет ведущую роль во всех ситуациях связанных с возникновением аварийной обстановки на море.

Даже в тех ситуациях где можно говорить о технических неполадках и наличии экстремальных условий, большинство трагических исходов предопределено такими факторами, как непонимания или умышленного несоблюдения требований инструкций, не предусмотрения резервов, не поддержания постоянной готовности к реагированию и неправильной оценки риска.

Исследования [1,2], которые проводились автором в ответе на вопрос «Что является причиной аварийности на море в болгарской зоне ответственности?» показали, что основными причинами для попадания в аварийные ситуации не являются несоблюдение того или иного правила судоходства, а непонимание и невосприятие судоводителями принципов перестраховки в организации наблюдения за обстановкой, незаблаговременное составление предварительной идеи о маневре, отсутствия идеи по минимизацию возможных рисков и не поддержание высокой готовности для непредвиденных действий.

Современная морская наука сейчас не обращает достаточное внимание на исследование общих закономерностей поведения судоводителей в аварийных ситуациях, на изучение влияния ключевых поведенческих факторов, а также на вопросы, связаны с тем, какие принципы поведения на море можно вывести для предотвращения их влияния?

Внимание пока направлено в таких направлениях, как сбор и обработки статистических данных о поведении судоводителей в фактических аварийных ситуациях; исследование некоторых частных условий, влияющих на поведение судоводителей в одной или другой конкретной ситуации; изучение влияния отдельных дестабилизирующих факторов на борту судна; на создание критериев и методологию «нормирования» человеческого фактора (т.е. количественная оценка степени нашей уверенности в том, что его влияние на безопасность судна будет сведено к минимуму), на изучение логики совершения каких-то частных ошибок и т.п.

Сейчас используются преимущественно вероятностные методы изучения влияния дестабилизирующих факторов на работу специалистов водного транспорта, которые вряд ли помогут для выяснении картины из-за многообразия и относительной «неповторимости» ситуаций на море.

В этом плане усилия должны быть сосредоточены на раскрытие общую логику поведения специалистов водного транспорта в различных ситуациях, выведение базовых факторов, влияющих на безопасность принимаемых решений и предложение новых более доступных и отражающих реальную картину групп критериев и показателей оценки профессионального поведения (они же и критерий и показатели обучения) [3]. На этой основе целостную подготовку судоводительского состава и членов экипажа необходимо подчинить новым, обязательным для всех, принципам безопасности плавания, а потом в процессе подготовки в аудиторных и тренажерных условиях превратить этих принципов в основу для поведения на море в любой ситуации.

На всех этапах плавания, несмотря на то в нормальной или экстремальной обстановке оно проводится, решения судоводительского состава по управлению судном могут быть подчинены следующим условным «*принципам безопасности*» [1]:

- принципу «обязательного соблюдения инструкций», правил, указаний и руководящих документов;
- принципу «обязательного предусмотрение резервов» в расчетах, маневрах, действиях (по подготовке судна к плаванию, по наблюдению за обстановкой, при выборе дистанции и времени для осуществления маневра, по минимизации риска аварийности и др.);
- принципу «поддержания постоянной готовности к реагированию» на изменений в обстановке;
- принципу «принятия разумного риска».

Указания к плавательному составу подчинить свою работу этим принципам безопасности не должны быть объектом содержания морских кодексов или каких-то других рекомендаций и пожеланий. Под ними необходимо подстроить весь учебный процесс и всю систему профессионально-ценностной оценки действий на берегу и в море.

#### *Список литературы*

1. Маринов М.Л. Метод и алгоритмы при планировании поиска малых объектов, терпящих бедствие на море (в условиях Болгарского района ответственности) // Дис..... на соискание ученой степени кандидата технических наук. Технический университет. Варна. 2003.
2. Маринов М.Л. Статистика бедствий малых объектов в болгарской зоне ответственности (1988-2000) // МСКЦ. Варна. 2001.
3. Маринов М.Л. Человеческий фактор – особенности решения проблемы // Saarbrücken, Germany изд. Palmarium - Lambert Academic Publishing”, 2014. 178 с.
4. International aeronautical and maritime search and rescue manual IAMSAR, vol. I, II, III, YMQ/YCAO. 1998.
5. United States Coast Guard - Model maritime service code. U.S. 1995.

УДК 656.6.08

## **МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВ НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ**

**Стариченков Алексей Леонидович** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

**Лукомский Юрий Александрович** – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

**Скороходов Дмитрий Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13

*Аннотация.* В настоящее время проблема безопасности должна рассматриваться как важнейший аспект проектирования, создания и использования различных транспортных средств. Это обуславливается, с одной стороны, сложностью структуры указанных объектов, а, с другой стороны, тем возможным ущербом, который может быть нанесен в случае их отказа, включая гибель пассажиров и экипажа транспортного средства, а также негативные последствия, связанные с повреждением перевозимых грузов. В статье рас-

смотрен метод повышения конструктивной безопасности на примере одного из наиболее перспективных видов транспорта, а именно судна на подводных крыльях. Представлены структура и отдельные видеок кадры реализующего данный метод программного обеспечения.

*Ключевые слова:* безопасность, судно на подводных крыльях, проектирование, конструктивный элемент, среда моделирования, интерфейс программы.

## A METHOD OF IMPROVE OF THE HYDROFOILS SAFETY

*Starichenkov Alexey L. - Doctor of Engineering Sciences, Docent, Head of Department Saint Petersburg Electrotechnical University LETI*

*Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation*

*Lukomskaii Yurii A. – Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Saint Petersburg Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation*

*Skorokhodov Dmitriy Al. – Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Chief Researcher Officer, Institute of Transport Problems after N.S. Solomenko of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Abstract.* Currently, the safety problem should be considered as the most important aspect of the design, build and use different vehicles. This is due, on the one hand, the complexity of the structure of these objects, and, on the other hand, the possible damage that can be inflicted in case of their refusal, including the death of the passengers and crew vehicle, as well as the negative consequences associated with damage to the transported goods. This paper presents a method of improve of the structural safety on the example of one of the most perspective types of transport, namely, hydrofoil. The article presents structure and the screenshot that implements this method software.

*Keywords:* safety, hydrofoil, design, constructive element, environment modeling, program interface.

Суда на подводных крыльях (СПК) – современное, удобное и рентабельное транспортное средство. В то же время СПК – один из наиболее сложных для проектирования классов судов. Это в первую очередь связано со сложной динамикой судна [1] и большим числом ограничений, накладываемых на СПК как динамический объект и объект управления.

Суда на подводных крыльях в большей степени, чем обычные водоизмещающие суда, подвержены авариям. Поэтому качественное, всестороннее моделирование, позволяющее выявить ошибки в проектировании, неточности расчета характеристик и неадекватные алгоритмы управления, играет важную роль в процессе проектирования этого класса судов.

Кроме того, при создании СПК применяются различные области знаний, принадлежащие к различным научным дисциплинам. Над проектом работает несколько авторских коллективов инженеров различных специальностей. Следует также учесть, что проектирование СПК зачастую связано со сложными, дорогостоящими стендовыми испытаниями и испытаниями в опытовом бассейне. Именно поэтому возникла необходимость в применении комплексного, системного подхода к проектированию СПК. Наиболее перспективным в этом смысле является метод компьютерного моделирования, позволяющий объединить различные этапы проектирования судна и построить единую компьютерную модель судна, включающую все его системы и конструкции.

Единая среда моделирования конструктивных особенностей СПК, как метод повышения конструктивной безопасности транспортного средства. Рассматриваемая составляющая безопасности [2,3] определяется конструктивными особенностями транспортного средства и его технических систем управления и движения, заложенными на этапе проектирования, а также насыщенностью энергетическим оборудованием, электронными системами и система-

ми обеспечения безопасности. Поскольку модернизация транспортного средства влечет за собой его конструктивные изменения и требует соответствующих проектных проработок, будем относить ее в дальнейшем также к стадии проектирования. Необходимо отметить, что конструктивная безопасность прямо или опосредованно влияет на безопасность эксплуатации транспортного средства. Например, сложности с обеспечением маневренности или остойчивости СПК вызывают избыточное напряжение экипажа во время рейса и тем самым снижают безопасность за счет человеческого фактора. Таким образом, конструктивная безопасность закладывается на стадии проектирования транспортного средства и является необходимым условием обеспечения его безопасности на протяжении всего жизненного цикла.

При существующей схеме проектирования оценка конструктивной безопасности СПК и его подсистем сводится к предоставлению на рассмотрение наблюдающих органов расчетных данных по соответствующим нормативным требованиям. Моделирование отдельных элементов и систем СПК производится различными методами с использованием моделей различного вида и силами различных организаций, участвующих в проектировании. В результате достоверная оценка функциональных характеристик и конструктивной безопасности СПК как сложной системы может быть проведена только на стадии натурных испытаний. Выявленные отклонения от желаемых характеристик, ошибочные или неотработанные проектные решения на этом заключительном этапе создания трудно устранимы. Однако, число субъективных, в том числе ошибочных, проектных решений может быть сведено к минимуму при использовании метода повышения конструктивной безопасности СПК, разработанного специалистами лаборатории «Проблем безопасности транспортных систем» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем транспорта им.Н.С.Соломенко Российской академии наук [4,5]. Метод позволяет рассмотреть в процессе проектирования большое число вариантов основных конструктивных характеристик транспортного средства и его подсистем с учетом их взаимовлияния, а также влияния на показатели безопасности проектируемого объекта. Разработанный метод заключается в создании единой среды моделирования основных конструктивных элементов СПК и его подсистем, используемой на всех этапах проектирования. При этом на среду моделирования накладывается ряд требований и рекомендаций, а именно:

- среда моделирования должна быть достаточно гибкой для рассмотрения как можно более широкого спектра различных конструктивных решений при проектировании СПК;
- в основе среды моделирования должна лежать тщательно разработанная нелинейная математическая модель динамики движения СПК и расчета его различных физических и технических параметров (модель должна быть максимально приближена к реальным условиям);
- среда моделирования должна иметь удобный и интуитивно понятный пользовательский интерфейс;
- учитывая, что моделирование включает в себя знания различных дисциплин, среда должна иметь подробный справочный блок;
- среда должна иметь прозрачную модульную архитектуру для упрощения подключения к ней внешних расчетных модулей и блоков;
- быстродействие работы в режиме моделирования должно быть по возможности максимально приближено к реальному времени;
- среда должна включать в себя различные средства визуализации конструкторской и статистической информации (трехмерные, объемные модели, графики процессов и т.д.);
- в среду могут быть включены элементы экспертной системы для формирования рекомендаций по улучшению и оптимизации конструкции различных узлов рассматриваемого транспортного средства.

Структура разработанной среды моделирования представлена на рис. 1.

В первом блоке разработанной среды моделирования задаются или формируются конструктивные факторы и другие условия, влияющие на динамические свойства рассматриваемого транспортного средства как объекта моделирования (компоновка, массо-инерционные

характеристики, геометрия корпуса, состав и размеры исполнительных органов, двигатель-но-двигательный комплекс, система управления движением).

Второй блок представляет собой обобщенную нелинейную математическую модель динамики СПК, маневрирующего в пространстве под действием внешних возмущений. В этом блоке производится математическое моделирование динамики рассматриваемого транспортного средства, которое выполняется с использованием самостоятельных, но взаимосвязанных математических моделей его элементов.

Узловыми элементами обобщенной математической модели, предназначенной для решения комплекса задач системного обеспечения конструктивной безопасности СПК с произвольной крыльевой схемой, являются частные математические модели расчета внешних гидродинамических сил и моментов на элементах крыльевого комплекса, динамики СПК, ветро-волновых возмущений, электрогидравлического привода, системы управления движением. Кроме того, в среде моделирования важную роль играют блоки обработки и оценки результатов моделирования. После обработки результатов моделирования проектировщиком формируются функциональные и экономические показатели, на основе которых, в свою очередь, производится оценка полученных результатов. На основании этой оценки, если требуется, производится коррекция геометрии СПК, параметров его технических систем, алгоритмов управления и других конструктивных факторов, влияющих на безопасность рассматриваемого транспортного средства. В систему моделирования включены также вспомогательные блоки ввода информации. Блок задания геометрии отвечает за ввод геометрических и инерционных характеристик СПК, крыльевого комплекса и его технических систем. С ним связан вспомогательный графический блок, с помощью которого можно осуществлять визуальное изменение формы элементов крыльевой схемы, архитектуры корпуса для расчета его парусности.

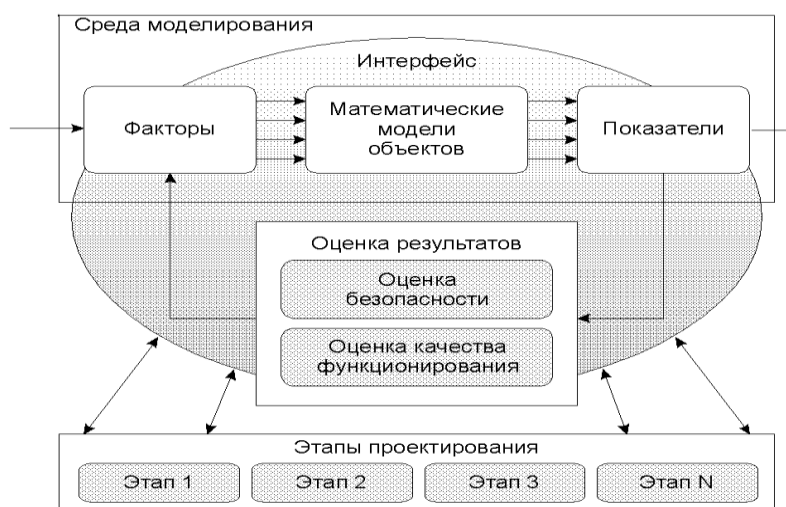


Рисунок 1 – Структура единой среды моделирования

Для ввода параметров волнения и ветра также предусмотрены соответствующие вспомогательные блоки. Важным элементом системы является блок задания алгоритмов управления. Интерфейс этого блока должен предусматривать удобный способ задания как коэффициентов стандартных, линейных алгоритмов, так и механизм для быстрого оперативного задания нелинейных алгоритмов нестандартной структуры.

В третьем блоке единой среды моделирования формируется совокупность показателей, подлежащих анализу (показатели ходкости, обитаемости, управляемости, динамической устойчивости и показатели для оценки прочности элементов). Полученные в результате моделирования показатели служат основой для оценки вариаций различных конструктивных элементов с точки зрения безопасности рассматриваемого транспортного средства. Указанные показатели могут быть использованы также для формирования различных критериев

оценки его эффективности. На основе произведенной оценки эксплуатационных показателей проектантом производится обоснованный выбор конкретных конструктивных элементов объекта и его технических систем.

Взаимодействие с пользователем осуществляется с помощью специально разработанного программного интерфейса, позволяющего выполнять удобное задание факторов моделирования и исходных данных для различных элементов математической модели. Интерфейс также осуществляет вывод информации на различных этапах моделирования. Разработанный программный комплекс является средством реализации предлагаемого метода повышения конструктивной безопасности высокоскоростного транспортного средства, каким и является СПК. Он состоит из отдельных исполняемых модулей:

- формирование профилей элементов крыльевых устройств;
- формирование геометрии крыльевых устройств;
- расчет гидродинамических характеристик крыльевых устройств;
- моделирование динамики СПК.

Интерфейсы первых двух модулей представлены, соответственно, на рис. 2 и 3.

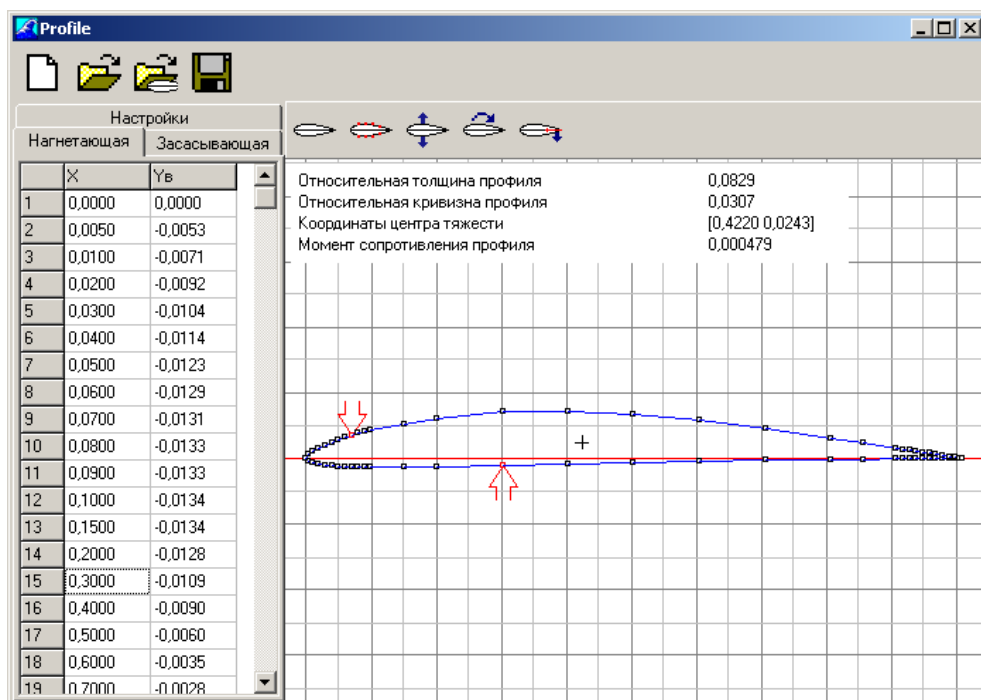


Рисунок 2 – Интерфейс программы формирования профилей элементов крыльевых устройств

Разработанный программный комплекс выгодно отличается от аналогичных систем тем, что может быть использован различными пользователями без дополнительной подготовки. Это связано с тем, что пользователь избавлен от необходимости вникать во внутреннюю структуру различных моделей, включенных в систему. Ему достаточно лишь задавать различные параметры объекта.

Выдача результатов производится также в наглядной и понятной форме. Следует заметить, что при таком построении среды моделирования, ее ядро – обобщенная нелинейная математическая модель – является законченным работоспособным блоком и может быть использована (при соответствующей замене интерфейса) для решения других задач, не связанных с оценкой его конструктивной безопасности. Например, указанная модель может быть с успехом использована как ядро тренажера для подготовки судоводителей [6].

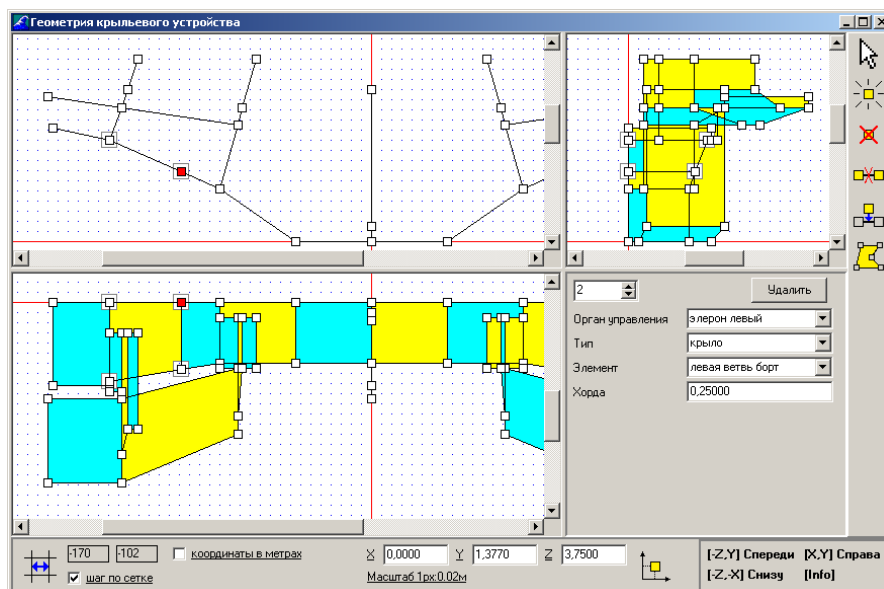


Рисунок 3 – Интерфейс программы формирования геометрии крыльцевых устройств

**Заключение.** Преимуществами представленного метода оценки конструктивной безопасности СПК на этапе его разработки являются:

- рассмотрение всего объекта в целом с отслеживанием взаимного влияния его структурных систем друг на друга;
- полное моделирование динамики рассматриваемого транспортного средства в заданных условиях внешних возмущений;
- возможность полноценной замены дорогостоящих стендовых испытаний на подробную компьютерную модель с низкой себестоимостью и высокой производительностью;
- возможность моделирования таких условий движения, которые принципиально невозможно смоделировать в стендовых условиях (например, аварийные ситуации);
- возможность быстрого изменения любых технических, физических и геометрических параметров модели (динамики приводов, алгоритма управления и т.п.) и моментального отслеживания влияния этих изменений на динамику движения рассматриваемого объекта;
- повышение уровня оптимизации конструктивных элементов СПК.

#### Список литературы

1. Лукомский Ю.А., Стариченков А.Л. Прогнозирование устойчивости движения судов с динамическими принципами поддержания // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2004. № 1 (серия «Автоматизация и управление»). С. 13-17.
2. Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. Проблемы безопасности транспорта // Национальный журнал-каталог «Транспортная безопасность и технологии». 2005. № 2 (3). С. 24-27.
3. Стариченков А.Л., Чернышева Т.С. Скоростной флот: как обеспечить безопасность? // Судостроение. Международный журнал. 2007. № 4 (129). С. 51-53.
4. Скороходов Д.А., Стариченков А.Л., Чернышева Т.С. Компьютерная технология проектирования систем управления движением высокоскоростных судов // Морской вестник. Специальный выпуск. 2007. № 3 (6). С. 131-133.
5. Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. Принципы обеспечения конструктивной безопасности высокоскоростных морских и речных транспортных средств // Транспорт Российской Федерации. 2009. № 2 (21). С. 43-45.
6. Клименков А.Г., Стариченков А.Л., Чернышева Т.С. Программное обеспечение тренажера по управлению движением судна на подводных крыльях // Гироскопия и навигация. 2002. № 3 (38). С. 53-54.



## ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРИВОДА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

**Богданов Андрей Геннадьевич** – заместитель директора

*Закрытое акционерное общество Центральный научно-исследовательский институт  
судового машиностроения*

*192029, Санкт-Петербург, ул. Дудко, д. 3, sudmssh@sudmash.ru*

**Скорородов Дмитрий Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, главный  
научный сотрудник

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии  
наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, skorohodda@mail.ru*

**Королев Олег Александрович** – научный сотрудник

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии  
наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, olegello@bk.ru*

Аннотация. Существующий алгоритм выбора характеристик исполнительного привода системы управления движением судна, способствует нерациональному расходу энергии, снижает коэффициент полезного действия и, как следствие, приводит к росту массогабаритных характеристик системы. Авторами предложен метод изоляции энергетического канала, позволяющий оптимизировать жёсткость механической характеристики привода, которая определяется основным временем работы исполнительного привода в составе системы автоматического управления движением судна, находящегося под воздействием внешних волновых возмущений. Рассчитанная жёсткость минимизирует энергетические характеристики при обеспечении качества стабилизации объекта. Использование предложенной методики позволяет проектировать исполнительные приводы систем управления движением исключая поломку механических передач, заклинивание исполнительных органов в крайнем положении, что в итоге повышает безопасность эксплуатации судна.

Ключевые слова: дисперсия, жёсткость, привод, система, спектральная плотность, судно, энергия, энергетические характеристики.

## OPTIMIZATION OF ENERGY CHARACTERISTICS ACTUATOR SYSTEMS FOR MOVEMENT CONTROL

*Bogdanov Andrey Gennadievich – Deputy Director of the closed joint-stock company Central scientific research Institute of marine engineering 3, Dudko str., Saint-Petersburg, 192029, sudmash@sudmash.ru*

*Skorokhodov Dmitriy Alekseevich Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Chief Researcher Officer, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences 12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, skorohodda@mail.ru*

*Korolev Oleg Al. – research associate, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, olegello@bk.ru*

Abstract. The existing algorithm of feature selection actuator control system of ship motion, promotes waste of power, reduces efficiency and, consequently, leads to increase in weight and size characteristics of the system. The authors proposed a method of isolation of the energy channel, allowing to optimize the rigidity of the mechanical characteristics of the actuator, which is deter-

*mined by the primary operating time of actuator in the system of automatic control of ship motion under the action of external wave disturbances. The calculated stiffness minimizes the energy characteristics while ensuring the quality of stabilization of the object. Using the proposed method allows to design the actuators of the motion control system eliminates failure of mechanical gears, jamming of the Executive bodies in the extreme position, which ultimately increases the safety of operation of the vessel.*

***Keywords:** dispersion, stiffness, drive system, spectral density, ship, energy, energy performance.*

При выборе характеристик исполнительных приводов систем управления движением (СУД) различных судов, как правило, используется упрощенный расчётный алгоритм, исключающий энергетический расчёт привода, что не соответствует важности выполняемых приводом функций и не учитывает опыт проектирования СУД самолетов и ракет [1-5]. Подобная практика приводит к нерациональному расходу энергии, низкому коэффициенту полезного действия и повышенным весогабаритным характеристикам исполнительных приводов систем управления движением. Пренебрежение энергетическим расчетом приводит к тому, что исполнительный привод работает большую часть времени со значительной недогрузкой, достигающей в некоторых случаях 75% номинальной мощности, что снижает коэффициент полезного действия привода. Анализ актуальных публикаций [6-11] подтверждает преимущественно упрощенный характер расчёта приводов, в результате которого завышаются требования по моменту нагрузки, что может приводить к поломке механических передач, заклиниванию исполнительных органов (ИО) в крайних положениях и, как следствие, к созданию аварийных ситуаций на судне. В то же время отметим, что в [12] указана важность энергетического расчёта, правда, применительно к электроприводу, работающему в случайных режимах.

Очевидно, что синтезированный алгоритм управления движением и соответствующее перемещение исполнительных органов управления должны быть обеспечены энергетически. Т.е., синтез системы нельзя считать законченным, если не выполнена энергетическая оценка процессов, так как динамические свойства и конструктивные параметры системы управления в значительной мере определяются параметрами и характеристиками исполнительного привода [13].

Энергетическая оценка направлена на поиск таких характеристик и параметров исполнительного привода, при которых достигается минимальный расход энергии с обеспечением требуемых динамических свойств системы управления, а также обеспечивается точность стабилизации ИО по минимуму среднеквадратической ошибки. Поэтому энергетический расчёт должен стать составной частью исследования системы управления движением на всех этапах проектирования.

**1. Принцип изоляции энергетического канала.** Исполнительный привод СУД должен обеспечивать необходимые параметры движения ИО для получения требуемого качества стабилизации судна в пространстве в соответствии с выбранными законами управления. Для этого требуется оценить энергетические характеристики исполнительного органа при статической нагрузке на валу. Минимизация среднеквадратической ошибки стабилизации параметров движения судна предусматривает нахождение оптимальной передаточной функции СУД. Считаем, что законы управления СУД, установленные для данной системы, обеспечивают требуемое качество стабилизации судна. Тогда среднеквадратическая ошибка стабилизации известна и неизменна. Это допущение позволяет упростить задачу статической оптимизации системы и рассматривать только вторую часть СУД – исполнительный привод. Таким образом, исполнительный привод и объект управления изучаются отдельно от устройства, формирующего законы управления.

Последовательность элементов, составляющих исполнительный привод, образует энергетический канал, по которому энергия преобразуется и передается от внешнего источника к ИО. Поэтому основной характеристикой исполнительного привода является способность этого канала пропустить определенное количество энергии в единицу времени,

т.е. его энергетическая пропускная способность. При таком подходе очевидным является стремление обеспечить объекту управления (судну) требуемые маневренные возможности посредством исполнительного привода с оптимальными характеристиками. Появляется возможность «изоляции» исполнительного привода СУД.

Рассмотрим основные положения принципа изоляции энергетического канала.

Схема замкнутой системы управления движением включает в себя регулятор и объект управления. Регулятор, состоит из двух основных частей: исполнительного привода и устройства, формирующего законы управления системы автоматической стабилизации (УФЗУ).

Полагаем, что УФЗУ позволяет осуществить любой закон управления в пределах ограничений, присущих исполнительному приводу, и обеспечивает требуемое качество управления объектом в пространстве. Исходим из того, что требуемый закон управления движением судна реализуется. Рассмотрим исполнительный привод, как изолированный от остальных элементов регулятора (системы управления) энергетический канал. Под действием возмущений объект управления совершает вынужденные колебания параметров движения. Аналогичные колебания, но противоположно направленные должны сообщить объекту исполнительные органы, приводимые в движение исполнительным приводом, что в реальных условиях обеспечит минимальную среднеквадратическую ошибку стабилизации. В идеальном случае ошибка стабилизации равна нулю.

Так как внешнее возмущение носит случайный характер, то в идеальном случае для обеспечения ошибки стабилизации равной нулю можно сформулировать это условие тождественным равенством спектральных плотностей, если рассматривать линеаризованные уравнения движения судна, следующим образом:

$$S_{x_i}^{y_k}(\omega) \equiv S_{x_i}^{f_r}(\omega), \quad (1)$$

где:  $S_{x_i}^{y_k}(\omega)$  – спектральная плотность параметров движения судна под воздействием исполнительных органов;  $S_{x_i}^{f_r}(\omega)$  – спектральная плотность параметров движения судна под воздействием внешних возмущений;  $x_i$  – параметры стабилизации судна;  $f_r$  – внешние возмущения;  $y_k$  – параметры движения ИО (закрылков, рулей и т.п.);  $\omega$  – частота внешних возмущений.

Спектральная плотность параметров движения судна может быть определена по формуле:

$$S_{x_i}^{f_r}(\omega) = \sum_{r=1}^Z |h_{x_i}^{f_r}(j\omega)|^2 S_{f_r}(\omega), \quad (2)$$

где  $S_{f_r}(\omega)$  – спектральная плотность внешнего возмущения;  $|h_{x_i}^{f_r}(j\omega)|$  – модуль передаточной функции внешнего возмущения по параметру движения судна;  $Z$  – количество внешних возмущений.

Для системы «объект-привод» входным воздействием являются параметры движения объекта. Поскольку уравнения движения объекта известны, существует возможность дальнейшего упрощения системы уравнений с целью оптимизации энергетических характеристик исполнительного привода СУД.

Система уравнений приводится к виду, удобному для синтеза энергетических характеристик исполнительного привода.

$$S_{y_k}^{x_i}(\omega) = \frac{\sum_{r=1}^Z |h_{x_i}^{f_r}(j\omega)|^2}{\sum_{k=1}^m |b_{x_i}^{y_k}(j\omega)|^2} S_{f_r}(\omega), \quad (3)$$

где:  $|h_{x_i}^{f_r}(j\omega)|^2$  – квадрат модуля передаточной функции параметра движения судна по возмущению;  $|b_{x_i}^{y_k}(j\omega)|^2$  – квадрат модуля передаточной функции параметра движения судна по исполнительному органу;  $m$  – количество исполнительных органов.

Итак, получены спектральные плотности параметров движения ИО, которые обеспечивают требуемое качество стабилизации судна по параметрам его движения. Внешним возмущением для системы «исполнительный орган – исполнительный привод» являются статистические характеристики параметров движения ИО, а выходными параметрами – момент нагрузки исполнительного привода (ИП) и его мощность.

2. Критерий оптимальности энергетических характеристик системы автоматического управления. Сформулируем задачу определения оптимальных параметров исполнительного привода, структурная схема которого известна.

Требуется определить параметры привода, отвечающие принятому критерию оптимальности. Исходя из условия обеспечения системой управления движением требуемого качества стабилизации судна, критерием оптимальности энергетических характеристик будем считать минимум мощности исполнительного привода, что означает минимизацию мощности всей системы. Это требование может быть обеспечено при минимизации механической характеристики ИП, т.к. данное допущение предопределяет минимизацию по нагрузке, по структуре и в конечном итоге приводит к минимизации мощности исполнительного привода.

Исполнительный привод системы управления характеризуется законом движения исполнительного органа  $y_k(t)$ , который представляет собой в соответствии с (3) стационарный случайный процесс, с известной спектральной плотностью  $S_{y_k}^{x_i}(\omega)$ . Выразим величины дисперсии мощности заданного процесса движения через параметры исполнительного привода и статистические характеристики закона движения ИО.

Мгновенное значение изменения механической мощности на валу исполнительного привода записывается в виде:

$$N_k(t) = \dot{y}_k(t)M_{нк}(t), \quad (4)$$

где:  $\dot{y}_k(t)$  – закон изменения скорости движения исполнительного органа со спектральной плотностью  $S_{y_k}^{x_i}(\omega)$ ;  $M_{нк}(t)$  – закон изменения момента нагрузки на валу исполнительного органа со спектральной плотностью  $S_{y_k}^{x_i}(\omega)$ .

Поскольку закон изменения скорости движения исполнительного органа определяет и закон изменения момента нагрузки, то мощность исполнительного привода  $N_i$  может быть представлена через стационарный случайный процесс  $S_{y_k}^{x_i}(\omega)$ . При этом условии дисперсия процесса изменения мощности исполнительного привода  $N_i$  постоянна во времени и, следовательно, может служить мерой его нагрузки в рассматриваемом режиме работы. Если функции  $M_{нк}(t)$  и  $\dot{y}_k(t)$  не коррелированы, то среднеквадратическую мощность можно определить по формуле:

$$N_{ck} = \sqrt{D_{M_{нк}(t)} D_{\dot{y}_k(t)}}, \quad (5)$$

где:  $D_{M_{нк}(t)}$  – дисперсия момента нагрузки ИО;  $D_{\dot{y}_k(t)}$  – дисперсия скорости движения ИО.

Однако среднеквадратическая мощность не может служить основой для выбора исполнительного привода системы автоматического управления, так как при эксплуатации системы действительная мощность может превышать среднеквадратическое значение. Для

исполнительного привода системы автоматического управления расчетной является максимальной мощностью  $N_{max}$ .

Для прямолинейной механической характеристики исполнительного привода можно получить:

$$N_{max} = \frac{M_n \dot{y}_0(t)}{4}, \quad (6)$$

где  $M_n$  – пусковой момент исполнительного привода, который можно определить следующим образом:

$$M_n = \beta \dot{y}_0(t), \quad (7)$$

где:  $\dot{y}_0(t)$  – скорость холостого хода ИП;  $\beta_k$  – жесткость механической характеристики исполнительного привода.

Откуда:

$$\beta_k = \frac{M_{нк}}{\dot{y}_0(t)}. \quad (8)$$

В этом случае формула для максимальной мощности привода, механическая характеристика которой выражается прямой линией, имеет вид:

$$N_{max} = \frac{\beta \cdot \dot{y}_0^2(t)}{4}. \quad (9)$$

Рассмотрим уравнение прямолинейной механической характеристики, выразив его через уравнение Лапласа:

$$py_k = py_{0k} - \frac{1}{\beta_k} M_{нк}(p) \quad (10)$$

Запишем уравнение движения гидропривода:

$$py_k = py_{0k} - \frac{1}{\beta_k} J_k p^2 + \left( \frac{M_k^y}{\beta_k} + 1 \right) \cdot p + M_k^\alpha,$$

где:  $J_k$  – момент инерции ИО;  $M_k^y$  – демпфирующий момент ИО;  $M_k^\alpha$  – шарнирный момент ИО.

Из этого уравнения найдем скорость холостого хода исполнительного привода:

$$py_{0k} = py_k + \frac{1}{\beta_k} J_k p^2 + \left( \frac{M_k^y}{\beta_k} + 1 \right) \cdot p + \frac{M_k^\alpha}{\beta_k}. \quad (11)$$

Обозначим:  $p + \frac{1}{\beta_k} M_{нк}(p) = W(p)$

Дисперсия установившейся скорости холостого хода  $D_{py_{0k}}(\omega)$  может быть определена в этом случае с помощью соотношений:

$$S_{\dot{y}_{0k}}(\omega) = |W(j\omega)|^2 S_{y_k}(\omega), \quad (12)$$

$$D_{py_{0k}}(\omega) = 2 \int_0^{\omega_m} |W(j\omega)|^2 S_{y_k}(\omega) d\omega,$$

где  $|W(j\omega)|^2$  – квадрат модуля передаточной функции, имеющий следующий вид:

$$\frac{1}{\beta_k^2} J_k^2 \omega^4 + \frac{1}{\beta_k^2} \left[ \left( M_k^{\dot{y}} \right) + 2J_k \cdot M_k^\alpha \right] \cdot \omega^2 + \frac{1}{\beta_k^2} \left( M_k^\alpha \right)^2. \quad (13)$$

При аппроксимации механической характеристики прямой линией максимальная потребная мощность на валу ИО может быть определена по формуле:

$$N_{\max} = \beta \frac{D_{y_{0k}}(t)}{4}. \quad (14)$$

Поскольку для положительных вещественных значений  $\beta_k$  решение имеет единственный экстремум, то оптимальное значение жесткости механической характеристики находится из уравнения:

$$\frac{\partial N_{\max}}{\partial \beta_k} = 0. \quad (15)$$

Для выполнения условия (15) необходимо, чтобы дисперсия скорости холостого хода была равна следующему соотношению:

$$D_{\dot{y}_{0k}}(t) = \frac{1}{\beta_k^2} J_k^2 \omega^4 \cdot S_{y_k}(\omega) + \frac{1}{\beta_k^2} \left[ \left( M_k^{\dot{y}} \right)^2 + 2J_k \cdot M_k^\alpha \right] \cdot \omega^2 \cdot S_{y_k}(\omega) + \frac{1}{\beta_k^2} \left( M_k^\alpha \right)^2 \cdot S_{y_k}(\omega), \quad (16)$$

или

$$D_{\dot{y}_{0k}}(t) = \frac{1}{\beta_k^2} J_k^2 D_{\dot{y}_k}(t) + \frac{1}{\beta_k^2} \left[ \left( M_k^{\dot{y}} \right)^2 + 2J_k \cdot M_k^\alpha \right] \cdot D_{\dot{y}_k}(t) + \frac{1}{\beta_k^2} \left( M_k^\alpha \right)^2 \cdot D_{y_k}(t), \quad (17)$$

где  $D_{\dot{y}_k}(t)$  – дисперсия ускорения ИО;  $D_{\dot{y}_k}(t)$  – дисперсия скорости ИО;  $D_{y_k}(t)$  – дисперсия угла отклонения ИО.

Тогда оптимальная жёсткость механической характеристики будет равна:

$$\beta_k = \sqrt{\frac{J_k^2 D_{\dot{y}_k}(t) + \left[ \left( M_k^{\dot{y}} \right)^2 + 2J_k \cdot M_k^\alpha \right] \times D_{\dot{y}_k}(t) + \left( M_k^\alpha \right)^2 \cdot D_{y_k}(t)}{D_{\dot{y}_{0k}}(t)}} \quad (18)$$

### Заключение

В формулу для определения оптимальной жесткости механической характеристики (18) входят дисперсии параметров движения исполнительного органа, а также первая и вторая производные от параметров движения. Полученная жесткость минимизирует энергетические характеристики при обеспечении качества стабилизации объекта и позволяет перейти к расчетам энергетических характеристик гидропривода ИО системы управления движением.

При известной жесткости механической характеристики могут быть определены дисперсия скорости холостого хода, максимальная мощность, пусковой момент исполнительного привода, и построены его основные потребные характеристики.

### *Список литературы*

1. Alex E. Ockfen, Konstantin I. Matveev, Aerodynamic characteristics of NACA 4412 air-foil section with flap in extreme ground effect, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, V.1, Issue 1, September 2009, p. 1-12.

2. Roberto Muscia, Giacomo Sciuto. Analytic study of a new conceptual propulsion device for ships, *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, V. 2, Issue 2, June 2010, p. 75-86.
3. Jung-Hun Kim, Jung-Eun Choi, Bong-Jun Choi, Seok-Ho Chung. Twisted rudder for reducing fuel-oil consumption, *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, V 6, Issue 3, September 2014, p. 715-722.
4. Christopher S. Chaney, Konstantin I. Matveev. Modeling of steady motion and vertical-plane dynamics of a tunnel hull, *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, V 6, Issue 2, June 2014, p. 323-332.
5. Seung-Jae Lee, Jun-Hyeok Lee, Jung-Chun Suh. Further validation of the hybrid particle-mesh method for vortex shedding flow simulations, *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, V 7, Issue 6, November 2015, p. 1034-1043.
6. Zaopeng Dong, Lei Wan, Yueming Li, Tao Liu, Guocheng Zhang. Trajectory tracking control of underactuated USV based on modified backstepping approach, *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, V 7, Issue 5, September 2015, p. 817-832.
7. Konstantin I. Matveev. Hydrodynamic modeling of semi-planing hulls with air cavities, *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, V. 7, Issue 3, May 2015, p. 500-508.
8. Wei Yang, Zhigang Yang, Maurizio Collu. Longitudinal static stability requirements for wing in ground effect vehicle, *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, V. 7, Issue 2, March 2015, p. 259-269.
9. Sung-Soo Kim, Soon-Dong Kim, Donghoon Kang, JongHyun Lee, Seung Jae Lee, Kwang Hyo Jung. Study on variation in ship's forward speed under regular waves depending on rudder controller, *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, V. 7, Issue 2, March 2015, p. 364-374.
10. Omer Kemal Kinaci. A numerical parametric study on hydrofoil interaction in tandem, *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, V. 7, Issue 1, January 2015, p. 25-40.
11. Qing Jia, Wei Yang, Zhigang Yang, Numerical study on aerodynamics of banked wing in ground effect, *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, V. 8, Issue 2, March 2016, p. 209-217.
12. Ратнер Н.И. Расчет электроприводов в случайных режимах. Л.: Энергия, 1969. 127 с.
13. Богданов А.Г., Каминский В.Ю., Скороходов Д.А. Синтез оптимальных характеристик гидроприводов управления движением // *Морские интеллектуальные технологии*. 2017. Т 2. № 2 (36). С 47-53.

## **МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ МАНЕВРИРОВАНИЕМ ПРОМЫСЛОВОГО СУДНА ПРИ ЛОВЛЕ РЫБЫ КОШЕЛЬКОВЫМ НЕВОДОМ**

*Ивановский Николай Владимирович* – кандидат технических наук, доцент, декан морского факультета

*Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Россия, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, д. 82, invkerch@yandex.ru*

*Новоселов Дмитрий Альбертович* – старший преподаватель  
*Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Россия, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, д. 82, inv8@mail.ru*

*Куценко Дмитрий Григорьевич* – старший преподаватель  
*Керченский государственный морской технологический университет  
298309, Россия, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, д. 82, kutsenko@mail.ru*

*Аннотация.* Как показывает статистика заметов кошелькового невода, операторской деятельности при решении задач управления маневрированием достаточного внимания не уделяется. Эта деятельность остается на практическом уровне процесса управления, достаточно мало изученной, а тем более детерминированной и алгоритмизированной. Остаются нерешенными вопросы создания концепции планирования движения при появлении переменных ограничений, не изучены вопросы влияния орудия лова на траекторию движения судна. Поэтому формализованные модели корректировки заданного алгоритма управления маневрированием созданы частично, а концептуальная модель управления маневрированием судна на этапе замета кошелькового невода не нашла своего завершения.

*Ключевые слова:* Керченский пролив, безопасность плавания, керченская паромная переправа, движение в узкости, правила маневрирования.

## MODELS OF MANEUVERING CONTROL OF A FISHING VESSEL WHEN FISHING WITH A PURSE SEINE

*Ivanovskiy Nikolay – PhD, Dean of Meritime, Kerch State Technological University  
Ordzhonikidze str., 82, Kerch, 298309, Russian Federation, invkerch@yandex.ru*

*Novoselov Dmitriy – teacher, Kerch State Technological University  
Ordzhonikidze str., 82, Kerch, 298309, Russian Federation, inv8@mail.ru*

*Kutsenko Dmitriy – teacher, Kerch State Technological University  
Ordzhonikidze str., 82, Kerch, 298309, Russian Federation, kutsenko@mail.ru*

*Abstract.* As the statistics of purse seine netting shows, the operator's activity is not given sufficient attention during the management of maneuvering tasks. This activity remains at the practical level of the management process, which has been sufficiently studied, and even more so, determined and algorithmized. The questions of creating the concept of planning for the movement with the appearance of variable constraints remain unresolved, the issues of the influence of fishing gear on the trajectory of the vessel's motion have not been studied.

Therefore, formalized models for correcting a given maneuvering control algorithm have been created in part, and the conceptual model of maneuvering the vessel during the seizure of the purse seine net has not been completed

*Keywords:* the Kerch Strait, safety of navigation, Kerch ferry, the sailing in the narrow, the rules of maneuvering.

При изучении процесса маневрирования используется системный подход, учитывающий ряд взаимосвязанных факторов [1-3]: системно-элементный, который образует элементную базу системы; системно-структурный, который раскрывает внутреннюю организацию системы и способ взаимодействия образующих ее элементов; системно-функциональный, определяющий функциональное назначение системы и образующих ее элементов; системно-коммуникационный, отражающий взаимные связи как внутри самой системы, так и с другими, находящимися на различных уровнях иерархии; системно – интегративный, который раскрывает механизмы развития, совершенствования структуры и сохранения свойств; системно – исторический, описывающий: как возникла система? Какие этапы она проходила в своем развитии? Какие перспективы ее дальнейшего существования?

Структура и форма уравнений движения судна существенно зависят от принятой системы координат. Обычно используют три системы координат (рис.1: неподвижную геоцентрическую, связанную с Землей; прямоугольную  $O\xi\eta\zeta$ , при этом движение судна рассматривают относительно плоской и неподвижной Земли; подвижную, связанную с судном и началом в его ЦТ, которая перемещается вместе с ним в пространстве  $GXYZ$ , где ось  $GX$  направлена в сторону носа,  $GY$  – в сторону правого борта, ось  $GZ$  – вверх; полусвязанную, подвижную  $GX_1 Y_1 Z_1$  (поточную), с началом в ЦТ, связанную с вектором линейной скорости.



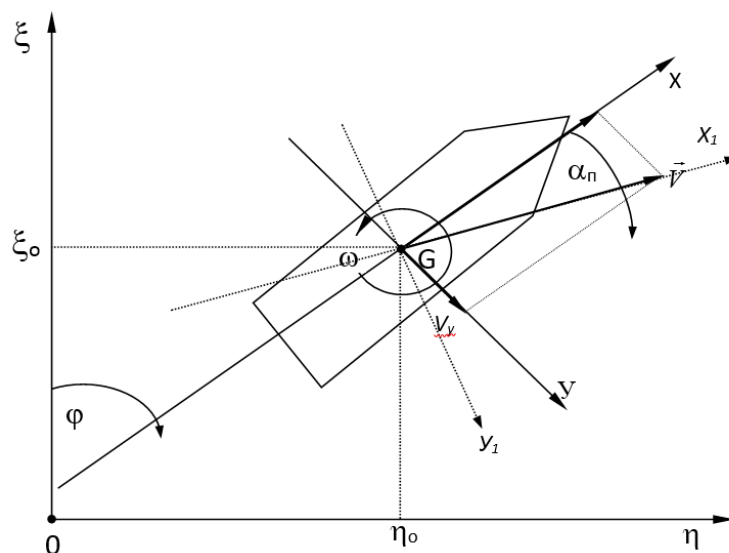


Рисунок 1 – Параметры положения судна на плоскости

Координатная ось GX1 направлена вдоль вектора скорости V, а GY- на правый борт [1-3].

При малых углах Эйлера и одинаковом уровне производных кинематические матрицы становятся единичными, а проекции угловой скорости на оси совпадают с производными соответствующих Эйлеровых углов. Кинематические уравнения связи вращательного движения в матричной форме, записывают так [1-5]:

$$\begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \sin \psi & 0 \\ 0 & -\cos \psi \sin \Theta & \cos \psi \\ 0 & \cos \psi \cos \Theta & \sin \psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ \psi \\ \varphi \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где  $\varphi$  – угол рыскания;  $\psi$  – угол дифферента;  $\theta$  – угол крена.

Несмотря на то, что существующие содержательные модели в целом адекватно описывают процесс маневрирования, они не позволяют создать корректные математические модели для исследования и синтеза систем управления движением судна при замете кошелькового невода. Разработанные по ним формализованные модели не подходят для описания процесса из-за того, что не рассмотрена специфика процесса управления судном при замете кошелькового невода. В результате чего, в классические модели, описывающие процесс движения судна можно внести ряд допущений, которые упрощают модель, при этом она не теряет своей адекватности. Ко всему прочему, в существующих моделях рассматривается только судно, но в нашем случае необходимо рассматривать систему «судно – кошельковый невод», т.к. невод оказывает влияние на траекторию движения судна. На данный момент времени этого сделано не было. Поэтому существующие модели полностью нельзя обобщить на исследуемый процесс.

Разработка систем управления [5-8] процессом маневрирования судна при замете кошелькового невода связана с необходимостью знания времени погружения каждого участка невода на заданную глубину.

При выметывании полоса расправленного жгута падает на поверхность воды и начинает постепенно тонуть. Верхняя подбора удерживается на поверхности воды с помощью поплавков, поэтому сетное полотно расправляется от верхней подборы к жгуту. Кроме того, нижняя подбора под действием общей загрузки, включающей силы тяжести подбор, грузил, колец и имеющей меньший, чем жгут диаметр, погружается быстрее жгута, расправляя сетное полотно от жгута к нижней подбору. На полосу сети действует ее сила тяжести, силы со-

противления нижней подборы с оснасткой, жгута, силы тяжести жгута, силы инерции всей системы и присоединенных масс воды.

Система «нижняя подбора – сетное полотно – жгут» имеет две степени свободы, описывается двумя нелинейными дифференциальными уравнениями второго порядка, которые в общем случае не имеют аналитического решения.

Впервые задача о времени погружения нижней подборы невода на заданную глубину сформулирована и решена Ф.И. Барановым. Система состоит из сетной полосы единичной сети в воде, и силы сопротивления сетного полотна (рис. 2) под действием сил тяжести грузил и ширины, погружающейся в вертикальном положении.

Из условий равенства двух сил – тяжести грузил и сети в воде, и силы сопротивления сетного полотна – получена следующая зависимость:

$$t = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\rho C_{x0}/2}{q + 0,55pH}} \cdot H^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

где  $t$  – время погружения невода;  $\rho$  – плотность воды;  $C_{x0}$  – коэффициент сопротивления плоской сети при продольном обтекании;  $q$  – сила тяжести в воде 1м нижней подборы с грузилами, кольцами;  $H$  – глубина погружения;  $P$  – сила тяжести в воде 1 м<sup>2</sup> дели.

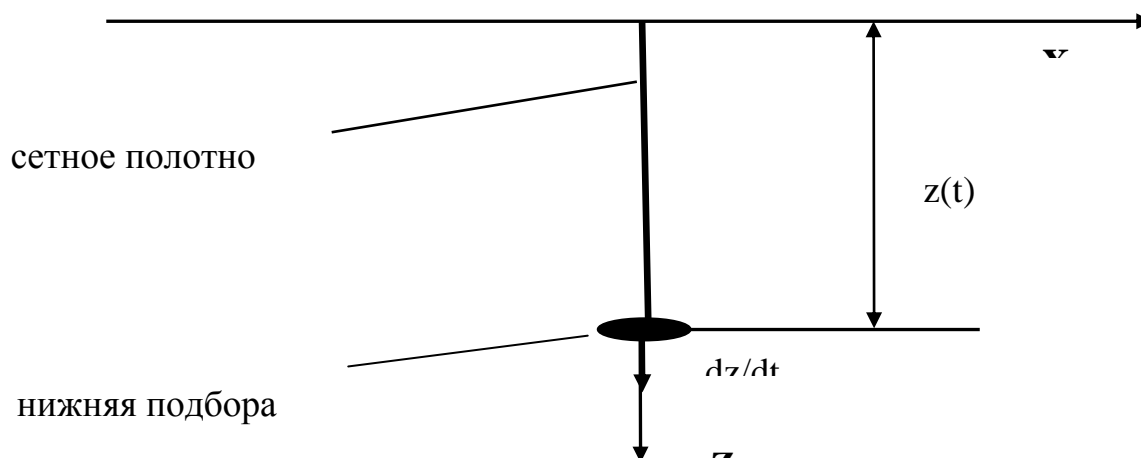


Рисунок 2 – Схема движения элемента сети при погружении по модели Ф.И. Баранова

Известные в настоящее время формулы для определения времени погружения нижней подборы получены либо на основе упрощенных физических моделей, либо путем учета только части действующих сил. Если расставить основные решения в хронологическом порядке, то видно, что сложность физических и математических моделей возрастает, и они все более приближаются к реальным процессам, происходящим при погружении нижней подборы. Рассмотрим основные решения, которые имеются на сегодняшний день.

Для формализации процесса движения системы «судно – кошельковый невод» необходимо построить модель движения объекта лова с учетом влияния ряда внешних факторов. К ним, в первую очередь, относятся шумы промыслового судна. Другим ограничением движения объекта лова является сам невод. Для поимки рыбы кошельковым неводом необходимо выполнить два условия: окружить косяк неводом так, чтобы концы сетной стены были сомкнуты до того момента, когда к ним подойдет рыба, и своевременно преградить рыбе выход вниз, чтобы она не ушла под нижнюю подбору невода. Какую из этих двух возможностей рыба попытается использовать в первую очередь, заранее сказать трудно, хотя, по видимому, определенным видам рыб свойственно придерживаться одного и того же поведения при встрече со стеной невода. Так, А.И. Раков пишет, что «натолкнувшись на стену кошелькового невода, косяки сельди часто погружаются и уходят под нижнюю подбору невода. Косяки же скумбрии, столкнувшись со стеной невода, обычно пытаются найти выход,

передвигаясь вдоль сети и встретив «ворота», уходят из невода. Погружаются вниз только сильно напуганные косяки скумбрии». Наблюдения А.И. Ракова относятся к тихоокеанской сельди и дальневосточной скумбрии. Наблюдения за поведением черноморской пелагиды показывают, что она, встретив сетное полотно невода, стремится уйти под нижнюю подбору. Таким образом, даже при облове косяков одного и того же вида рыб необходимо предусматривать одновременное выполнение двух упомянутых выше условий.

#### *Список литературы*

1. Корнараки В.А. Маневрирование судов. М: Транспорт. 1979. 125 с.
2. Алексейчук М.С. К вопросу о распределении погрешностей навигационных измерений//Методы и технические средства судовождения. М.: В/О «Мортехинформреклама», 1991. С.30 (ГМА. им. адм. С.О.Макарова).
3. Соколов С.С., Нырков А.П., Черный С.Г., Жиленков А.А. Устройство контроля остойчивости судна. Патент на полезную модель RUS 165914 от 29.06.2016.
4. IMO Resolutions A.817 (19), MSC.64 (67) and MSC.86 (70).
5. Zhilenkov A., Chernyi S. Investigation performance of marine equipment with specialized information technology / Procedia Engineering. Vol. 100. 2015. P. 1247-1252.
6. Chernyi S., Zhilenkov A. Modeling of complex structures for the ship's power complex using XILINX system. Transport and Telecommunication. Vol. 16 (1). 2015. P. 73-82.
7. Черный С.Г. Алгоритмическое обеспечение системы автоматического управления рисками с высоким уровнем автоматизации. Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. 2017. № 1 (133). С. 71-76.
8. Черный С.Г., Титов И.Л., Бордюг А.С. Математические аспекты при выборе навигационных комплексов экспертными группами: материалы конференции «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2014). 2014. С. 534-538.

УДК 656.07

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

*Рыбин Олег Александрович – доктор технических наук, профессор кафедры системного управления и антикризисного управления*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д.149, oleg\_rybin65@mail.ru*

*Аннотация.* Рост числа случаев хищения нефти и нефтепродуктов с помощью криминальных врезок в трубопроводы на протяжении последних десятилетий ставит под угрозу обеспечение безопасности трубопроводного транспорта РФ, надежность внутрироссийских и экспортных поставок топлива. В докладе приводится обзор угроз, масштабов проблемы и последствий криминальных врезок и хищений. Приводится анализ существующих методов и средств контроля трубопроводов, предотвращающих хищение углеводородных и др. продуктов из действующих трубопроводов. Цель, преследуемая авторами – довести до широкого круга специалистов связанных с обеспечением безопасности трубопроводного транспорта актуальность этой проблемы и способы для её решения.

*Ключевые слова:* трубопроводный транспорт, нефтепродукты, промышленная и пожарная безопасность, эксплуатация.

**SECURITY PIPELINE TRANSPORT**

*Ribin Oleg A. – Doctor of Engineering, associate professor, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia  
Moskovsky prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation,  
oleg\_rybin65@mail.ru*

*Abstract: The increase in the number of cases of theft of oil and oil products by means of criminal time-ZOK in pipelines over the past decades threatens the security of pipeline transport of the Russian Federation, the reliability of domestic and export-based fuel supplies. The report provides an overview of threats, the extent of the problem and the last action criminal tie-ins and theft. The analysis of the existing methods and means of control of the pipes, preventing the theft of hydrocarbon products, etc. of existing pipelines. The aim pursued by the authors is to bring to widely round of professionals associated with ensuring the safety of pipeline transport the urgency of this problem and ways to address it.*

*Keywords: pipeline transport, petroleum products, industrial and fire security, operation.*

Общая протяженность газо-, нефте- и нефтепродуктопроводов в Российской Федерации составляет около 1 миллиона километров. Обеспечение безопасности трубопроводного транспорта углеводородов и продуктов их переработки является одной из приоритетных задач для предприятий, эксплуатирующих трубопроводы.

В последние годы решение этой задачи особенно актуально в связи с несанкционированными подключениями (врезками) к трубопроводам с целью хищения продуктов перекачки, приобретающими все более широкие масштабы. Рост числа таких врезок напрямую связан с увеличением стоимости углеводородов и продуктов их переработки. Несанкционированные врезки сопровождаются механическими воздействиями на трубопровод, утечками продукта перекачки, наносят значительный материальный ущерб компаниям, эксплуатирующим трубопроводы, и это не только стоимость похищенных нефти и нефтепродуктов, но и затраты на восстановление целостности трубопроводов. Врезки несут в себе социальные и экологические риски. Как правило, подавляющее большинство аварий на трубопроводах происходит во время изготовления врезок или хищения.

Компании, эксплуатирующие трубопроводы, прилагают немало усилий для обеспечения их безопасной эксплуатации. Для обеспечения безопасной эксплуатации трубопроводного транспорта, защиты от несанкционированных врезок необходима надежная система непрерывного дистанционного контроля технического состояния трубопроводов с функциями обнаружения утечек и охраны.

Существующие в настоящее время на рынке системы и приборы не способны с требуемой точностью, оперативностью и минимумом затрат производить контроль состояния трубопроводов. Существующие системы либо очень дороги (средства внутритрубной диагностики, акустической эмиссии), либо выполняют функции только охранных, либо индикаторных систем, сообщающих о фактах утечек. Также стоит отметить, что существующие методы способны определить только крупные утечки и не выявляют небольшие. Большинство установленных на российских магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах системы обнаружения утечек работает на принципе измерения расхода и давления или регистрации волн давления. Такие системы обнаруживают утечки с интенсивностью около 1% от производительности трубопровода и более, развивающиеся за относительно короткое время (несколько

#### Последствия хищений нефти и нефтепродуктов с помощью незаконных врезок

Российские монополисты «Газпром» и «Гранснефть» владеют крупнейшими в мире по масштабу и протяженности трубопроводными системами. Создание таких уникальных систем стало возможным благодаря географическому расположению России.

Газпрому принадлежит Единая система газоснабжения России, которая включает в себя: 156,9 тыс. км магистральных газопроводов и отводов, 6,1 тыс. км конденсато продук-

топроводов, 234 компрессорных станций мощностью 41,7 млн. кВт, 6 комплексов по переработке газа и газового конденсата, 25 объектов подземного хранения газа.

Транснефти принадлежит 50 тыс. км магистральных нефтепроводов диаметром от 420 до 1220 мм, а также 386 нефтеперекачивающих станций и 833 резервуаров емкостью около 15 млн. куб. м. Общая длина нефтепродуктопроводов ОАО «Транснефтепродукт» составляет 19,5 тыс. км.

Судя по доступной информации и экспертным оценкам, ежегодно в России при добыче и транспортировке теряется от 3 до 7 процентов нефти. Абсолютные цифры потерь колеблются от 10 до 20 миллионов тонн. Две трети от этого – вытекшее из транспортных сетей. Каждый год на магистральных трубопроводах происходит не меньше восьмисот крупных аварий. Это официальные данные – неофициальные превышают в 2-3 раза.

По оценкам членов Нефтяного клуба Санкт-Петербурга – «серый» рынок реализации нефтепродуктов составляет около 10-15% рынка реализации топлива в стране, количество нелегальных мест сбыта постоянно растет и сегодня превышает 25% объема рынка легальных операторов. Со стороны «серого» рынка есть устойчивый спрос на нефтепродукты сомнительного происхождения с проведением расчетов за наличные средства с участием фирм-однодневок. В силу дешевизны и отсутствия необходимости уплаты налогов спрос на такие нефтепродукты растет. На рынке реализации высокооктановых бензинов из-за отсутствия инфраструктуры по их незаконному розливу объем хищений не очень высок.

И всё-таки наиболее очевидные последствия врезок в нефте- и продуктопроводы – опасность для здоровья и жизни населения и ущерб окружающей среде. В России, одной из крупных аварий нефтепровода вследствие незаконной врезки стала авария 28 июня 2005 года на нефтепроводе в Ульяновской области. Председатель комиссии ульяновской гордумы по экологии Александр Каплин рассказывал тогда, что 15-метровый фонтан нефти под давлением 15 атмосфер бил в течение суток, а нефть проникла в почву на глубину до 30 см. Объем вытекшей нефти составил объем около 1000 т [1]. Другой пример, вследствие врезки в продуктопровод (дизельное топливо) возник пожар 28 июня 2005 года в 3 км от пос. Песчаные Ковали Лаишевского района Татарстана [1]. Пожар уничтожил около 13 га леса.

Экологические последствия разливов нефти глобальны. Нефть, пролитая из поврежденных трубопроводов, танкеров и добывающих установок, губит все живое к чему «прикасается». Гибнет вся растительность. Пораженные районы становятся непригодными для обитания животных и птиц. Нефть коварна не только тем, что может растягиваться черной пленкой по поверхности воды, но и тем, что некоторые ее частицы способны смешиваться с водой и оседать на дно, убивая чувствительную морскую экосистему. Естественно, на этих территориях все еще не восстановились популяции погибших диких животных. Остаточная нефть (остатки нефти после ликвидации) исчезает со скоростью лишь 4% в год от общей массы нефти [2].

Чтобы скрыть падение давления в трубе, «врезчики» в Дагестане закачивают туда воду, что наносит «Транснефти» и нефтяным компаниям репутационный ущерб, поскольку покупателям поставляется некондиционная нефть. Когда эту технологию освоят нефтяные воры из других регионов, стоимость экспортной нефти из России непредсказуемо снизится на мировых рынках. Западные партнёры уже начинают говорить, что Россия не выполняет межправительственных соглашений по поставке нефти [3].

Другим фактором последствий незаконных врезок – это нарушения целостности трубопроводов, которые приводят к сокращению срока безаварийной службы трубы. Влияние большого числа врезок на долговечность нефтепроводов не изучено. Можно лишь предполагать, когда нефтепроводы начнут массово выходить из строя вследствие изменений в структуре металла в местах многочисленных врезок и последующей сварки.

Чтобы оценить политико-социальные и экономические последствия воровства нефти, необходимо сделать предположения о количестве уворованной нефти. В разных материалах, на которые приводятся ссылки в статье, разброс варьируется от 5 до 15%.

Простейший расчет громадный разброс в цифрах объясняет просто. Системы обнаружения утечек, основанные на падении давления, улавливают утечки с интенсивностью около

1% от производительности трубопровода и более, развивающиеся за относительно короткое время (несколько секунд). Эксперты приводят такие оценки. Для магистрального нефтепровода с производительностью 10000 куб.м/час этот предел чувствительности составляет 100 куб. м/час или 2400 тыс. литров в сутки (40 железнодорожных цистерн). Как видно, при такой чувствительности, ни о какой регистрации утечек через несанкционированные врезки на основе падения давления или расхода не может быть речи. Такие системы не регистрируют даже крупные аварии. Магистральные нефтепроводы не защищены от подключения к ним через несанкционированные врезки нелегальных мини-НПЗ, постоянно потребляющих для переработки нефть с интенсивностью для каждой из врезок не более 40 ж/д цистерн в сутки [4].

Нерегистрируемый отбор 40 ж/д цистерн в сутки возможен с нескольких участков нефтепровода. То есть на 10 участках возможен нерегистрируемый отбор примерно 10% перекачиваемой нефти. Несомненно, это завышенная оценка. При таких масштабах воровства нефтяники приняли бы экстренные меры. А вот отбор в 5-7 % – вполне допустимая величина. При воровстве 5% и прокачке по трубопроводам порядка 500 млн. тонн нефти и нефтепродуктов прибыль криминалитета можно оценить порядка 300 млрд. рублей. В статье «Безопасность эксплуатации трубопроводов в 2010 г.» ([4]) суммарные убытки от воровства оцениваются от 87 до 130 млрд. долл.

Для сравнения - суммарная заработная плата чиновников федерального и регионального уровня оценивается порядка 400-500 млрд. рублей [5]. То есть доходы от криминального воровства нефти могут быть сопоставимы с заработной платой всех чиновников России. Это означает, что возможности для подкупа необходимой части чиновников у криминалитета безграничны.

С другой стороны, оценить масштабы хищений можно в сравнении со стоимостью новейших систем безопасности и предупреждения хищений. Стоимость оборудования или услуг для защиты от врезок в нефтепровод ориентировочно оценивается экспертами от 100 тыс. руб. на 1 (один) километр, эту цифру надо удвоить за счет работ по установке и обслуживанию [6]. Разработчики аппаратуры, очевидно, считают, что такую сумму владельцы трубопроводов могут выложить за гарантированное предотвращение врезок. При протяженности нефте- продуктопроводов системы «Транснефти» в 70 тыс. км [7] общая стоимость систем охраны могла бы составить 1,4 млрд. рублей. Потери от воровства нефти должны хотя бы раз в 50 превосходить эту величину, то есть их можно оценить в размере более 70 млрд. рублей. А как могут быть подтверждены такие цифры, если их все время занижают, и объективной картины по отрасли нет.

По данным Росстата доходы от экспорта нефти из РФ в 2016 г. составили 93,49 млрд. долл. Поскольку 93 % нефти, добываемой в России по данным ОАО «АК «Транснефть» перекачивается по магистральным нефтепроводам, то 10% - 5% потерь из-за нелегальных мини-НПЗ составили в 2016 г. от 8,7 до 13 млрд. долл.

По данным ОАО «Транснефтепродукт» в 2016 году было выявлено 324 криминальные врезки в нефтепродуктопроводы, из них 262 – на территории России. Остальные обнаружены на территории Украины, Белоруссии и Казахстана. В России наибольшее число врезок приходится на Челябинскую (126), Самарскую (35), Ленинградскую (28) и Орловскую (11) области. С начала года (по состоянию на 1 июня 2017 года) выявлено 77 криминальных врезок (55 – РФ, 15 – Украина, 7 – Белоруссия). В отдельных регионах «врезки» продаются на черном рынке, как бизнес или товар. В то же время, такая статистика не отражает реальную ситуацию, поскольку не учитывает совершенствование методов несанкционированных подключений и снижение эффективности их поиска.

Если несколько лет назад хищения осуществлялись непосредственно из кранов, установленных на трубопроводах, то в последние годы врезки выполняются, как правило, с отводами, имеющими протяжённость до нескольких километров под землей методом наклонного бурения, обнаружить которые значительно сложнее. Чаще всего это трубы из пластика или резины.

Преступные группировки, ведущие хищения нефти в настоящее время очень хорошо оснащены технически, располагают специальным автотранспортом и оборудованием, в том числе в арсенале имеются приборы, затрудняющие работу систем обнаружения утечек. Причем, как правило, это оборудование произведено не кустарным способом, а отличается качеством промышленной сборки. При этом существующее контрольное и диагностическое оборудование не способно противостоять таким воздействиям и предотвратить хищения нефтепродуктов в период их транспортировки. Применяемые некоторыми компаниями охранные системы не обеспечивают возможности оперативного реагирования на врезки.

#### Характеристика существующих средств защиты трубопроводов от несанкционированного вторжения

В настоящее время на трубопроводах эксплуатируется ряд систем, работа которых основана на различных физических принципах. К ним относятся:

Акустические системы регистрируют в акустическом диапазоне частот волны, сформированные утечками. К этим системам относятся: СНКГН-1, СНКГН-2 (НИИ интроскопии при Томском политехническом университете); «LeakWave» (фирма «Энергоавтоматика», Москва); «Капкан» (ООО «Проект-ресурс», Нижний Новгород); «WaveAlert Acoustic Leak Detection System» (компания Acoustic Systems Incorporated, США); «Leak and Impact / Shock Detection System L.D.S.» (Франция).

Параметрические системы основаны на измерении давления и расхода продукта перекачки. К таким системам относятся: «Leak Detection System» (компания Process Automation Systems, Чехия); «LeakSpy» (фирма «Энергоавтоматика», Россия); «Leak Detection System» (компания S.E.I.C., Италия); «Pipeline Leak Detection System» (компания Tokyo Keiso - KROHNE Pte. Ltd., Сингапур); «ATMOS (TM) Pipe» (компания Atmos International Limited, Великобритания); «Leak detection and location system» (компания «Simulation Software Limited», Великобритания); и некоторые другие.

Предлагаются также системы, работающие на других физических принципах, среди которых, в частности, следует отметить: систему виброакустического мониторинга на основе волоконно-оптического кабеля (ООО «ПЕТРОЛАЙТ», Россия); волоконно-оптический датчик (кабель) для обнаружения утечек нефти и нефтепродуктов (ООО Управляющая компания «Созвездие» совместно с ИПМ РАН); систему оперативного дистанционного контроля утечек (ОДК) (ЗАО «МосФлоулайн»), основанную на измерении проводимости изоляционного покрытия трубопровода, систему бесконтактной диагностики трубопроводов (ЗОНДСКАН, УНТЦ «Бинапро»), основанную на магнитометрических и электрометрических измерениях.

Акустические и параметрические системы имеют преимущества по сравнению с другими благодаря более высоким техническим характеристикам и экономическим показателям.

В отдельном ряду среди систем раннего предупреждения стоит «Инфразвуковая система мониторинга трубопроводов» (ООО «НПФ «ТОРИ») [4]. В системе используется метод регистрации инфразвуковых колебаний, которые, как показали исследования, распространяются внутри трубопровода на большие расстояния. Благодаря слабому затуханию инфразвуковых волн эта система способна обнаружить утечку из трубопровода, механическое воздействие на стенку трубы, источники «шума», формирующиеся на значительном удалении от места регистрации. Расстояние между датчиками в такой системе может быть несколько десятков километров. Результаты диагностики отображаются в реальном масштабе времени на дисплее компьютера диспетчера управления трубопроводом с привязкой к географической карте, технологическим схемам, картам высотного положения трубопровода над уровнем моря.

Архитектура построения системы позволяет практически неограниченно наращивать число подключаемых участков, обеспечивая контроль разветвленной сети трубопроводов с помощью одного компьютера управления. На компьютере при этом появляется соответствующая географическая карта сети трубопроводов с индикацией состояний контролируемых функций на каждом из ее участков. Такой интерфейс позволяет максимально разгрузить

диспетчера. При появлении информации для одного из контролируемых участков система «ИСМТ» оповещает диспетчера световым и, при необходимости, звуковым сигналом.

Встроенные средства дистанционного контроля позволяют свести к минимуму затраты на обслуживание «ИСМТ», повышают надежность ее работы. Это особенно актуально в связи с удаленностью модулей от насосных (компрессорных) станций, большой протяженностью трубопроводов, их разветвленной сетью, а также увеличивающимися для трубопроводов объемами аппаратно-программных средств диагностики и управления технологическими процессами.

В вышеописанных системах используются различные методы обнаружения утечек на трубопроводах. Наиболее перспективными, на данный момент, являются системы, использующие инфразвуковой мониторинг трубопровода, и как следствие, в ближайшем будущем такие системы начнут вытеснять существующие системы обнаружения утечек.

#### *Список литературы*

1. Нефтяное обозрение. 27 июня–3 июля 2015 г. № 26(91). // <http://info.forest.ru/>.
2. Последствия разлива нефти // Bid Realty. <http://bidrealty.ru>.
3. Петяев А. Криминальный бизнес на чужой нефти // «Агентство национальных новостей». 16.11.2011. <http://www.annnews.ru>.
4. Безопасность эксплуатации трубопроводов в 2010 г. // ООО НПФ «ТОРИ». г. Новосибирск. 02 июля 2010 г. <http://www.torinsk.ru>.
5. Новикова А. Полномочия изменят, чиновников сократят // Интернет-портал Правительства Российской Федерации/Для СМИ. 08.07.2011.
6. Защита нефтепровода от врезок // <http://www.skichel.ru>.
7. Сайт ОАО «АК «Транснефть» // <http://www.transneft.ru>.

УДК 656.13(1-21): 621.43.06:504.3.064.36:338.14

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО И ВОДНОГО ТРАНСПОРТА НА ГОРОДСКУЮ СРЕДУ**

*Ложкина Ольга Владимировна – кандидат химических наук, доцент,  
olojkina@yandex.ru*

*Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, В.О., 12 линия, д. 13, olojkina@yandex.ru*

*Рогозинский Глеб Гендрихович – кандидат технических наук, доцент*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, В.О., 12 линия, д. 13, gleb.rogozinsky@gmail.com*

*Ложкин Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации*

*Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, vnlojkin@yandex.ru*

*Аннотация. В статье приводятся результаты численного исследования загрязнения воздуха в зонах одновременного воздействия автотранспорта и водного транспорта (на примере Санкт-Петербурга), а также предлагаются подходы развития информационного и*



коммуникационных процессов мониторинга воздействия транспорта на окружающую среду больших городов.

*Ключевые слова:* информационный процесс, автомобильный транспорт, водный транспорт, расчетный мониторинг, экологическая безопасность.

## AN INTEGRATED APPROACH TO IMPROVE MONITORING AND FORECASTING OF NEGATIVE IMPACT OF ROAD AND WATER TRANSPORT ON URBAN ENVIRONMENT

*Lozhkina Olga Vl. – Ass. Prof., PhD in Sci. Chem., St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, olojkina@yandex.ru*

*Rogozinsky Gleb Gh. – PhD, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, gleb.rogozinsky@gmail.com*

*Lozhkin Vladimir N. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored scientist of the Russian Federation, St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, vnlojkin@yandex.ru*

*Abstract.* The paper presents the results of numerical investigations of air pollution by exhaust emissions of vehicles and vessels (as exemplified with St. Petersburg) and describes the approaches for the development of information and communication process for the monitoring of the transport impact on the environment in big cities.

*Keywords:* information process, road transport, water transport, calculation monitoring, environmental safety.

Негативное воздействие транспорта на качество атмосферного воздуха городов связано, главным образом, с автомобильным транспортом [1]. Однако, например, в Санкт-Петербурге – водной столице Российской Федерации, – в период летней навигации вклад водного транспорта в суммарное загрязнение атмосферы тоже весьма ощутим [2].

Основное отличие судов от автотранспортных средств заключается в том, что размещенные на них энергетические установки, предназначены не только для приведения судов в движение, но и для утилизации отходов, выработки тепловой и электрической энергии, удовлетворения общесудовых нужд экипажа и пассажиров, автономного выполнения различных производственных задач.

Повышение эффективности процесса управления экологической безопасностью транспортного комплекса может быть достигнуто путем использования инновационных информационных и телекоммуникационных технологий [1].

Расчетный мониторинг загрязнения воздуха автомобильным и водным транспортом на локальном уровне в зоне их совместного влияния

Наиболее остро проблемы загрязнения воздушной среды проявляются в местах совместного действия нескольких источников. Применительно к транспортному комплексу – это территории, подвергающиеся одновременному негативному воздействию нескольких видов транспорта. В Санкт-Петербурге можно выделить несколько таких районов:

– акватория вблизи Большого Обуховского моста (пассажирский речной порт в Уткиной заводи, неподалеку – Невский грузовой терминал, интенсивное судоходство речных судов на Неве, интенсивное движение автотранспорта на КАД, Октябрьской набережной и проспекте Обуховской обороны);

– Центральный район города (интенсивное движение автомобилей и интенсивное движение маломерных речных судов на реках и каналах в центре города);

– микрорайон вблизи пассажирского морского порта «Морской фасад Санкт-Петербурга», рядом с которым проходит автомагистраль «Западный скоростной диаметр».

Высокое загрязнение атмосферы речными судами в Российской Федерации обусловлено, в первую очередь экстремально высоким возрастом эксплуатируемых судов [2,3]. Так например, трехпалубные пассажирские теплоходы 588 проекта выпускались с 1951 по 1961 гг., четырехпалубные теплоходы 301 проекта – с 1974 по 1983 гг., 92–016 проекта – с 1976 по 1983 гг., 302 проекта – с 1984 по 1992 гг., теплоходы типа «Метеор» проекта 342Э – с 1961 по 1991 гг., в связи, с чем их дизельные силовые установки характеризуются чрезвычайно высокими показателями токсичности.

В данной статье в качестве примера приведем результаты расчетного исследования загрязнения воздуха в районе Большого Обуховского моста Санкт-Петербурга, учитывающего реальное движение судов на этом участке Невы и усредненную интенсивность движения автотранспортных средств (авт/ч) на участке КАД от проспекта Обуховской Обороны до Октябрьской набережной, которая в часы пик составляет 7850 легковых автомобилей, 1830 микроавтобусов и автофургонов, 80 автобусов, 290 грузовых автомобилей от 3.5 до 12 т и 1800 грузовых автомобилей более 12 т.

Расчетные исследования осуществляли с использованием программного обеспечения «Эколог» фирмы «Интеграл», базирующегося на методике [4], основанной на решении уравнения турбулентной диффузии. Результаты расчетного исследования по гипотетическому сценарию свидетельствуют о том, что при неблагоприятных метеорологических условиях три теплохода 588, 92-016 и 301 проекта с работающими вспомогательными и основными двигателями будут оказывать опасное воздействие на воздушную среду: концентрация  $\text{NO}_x$  может достигать 10 ПДК, частиц  $\text{PM}_{10}$  – до 2.0 ПДК,  $\text{SO}_2$  – до 1.2 ПДК,  $\text{C}_x\text{H}_y$  – 0.7 ПДК,  $\text{CO}$  – 0.5 ПДК (рис. 1). Непосредственно на мосту при высокой транспортной нагрузке (до 12 тысяч авт/ч) также возможно высокое локальное загрязнение воздуха с превышением ПДК  $\text{NO}_2$  в 10 раз и более и ПДК взвешенных частиц  $\text{PM}_{10}$  до 5 раз, при этом загрязнение воздушного бассейна прилегающих окрестностей также может быть высоким – с превышением ПДК  $\text{PM}_{10}$  в 1.5-5 раз и ПДК  $\text{NO}_2$  в 2-8 раз (рис. 1).

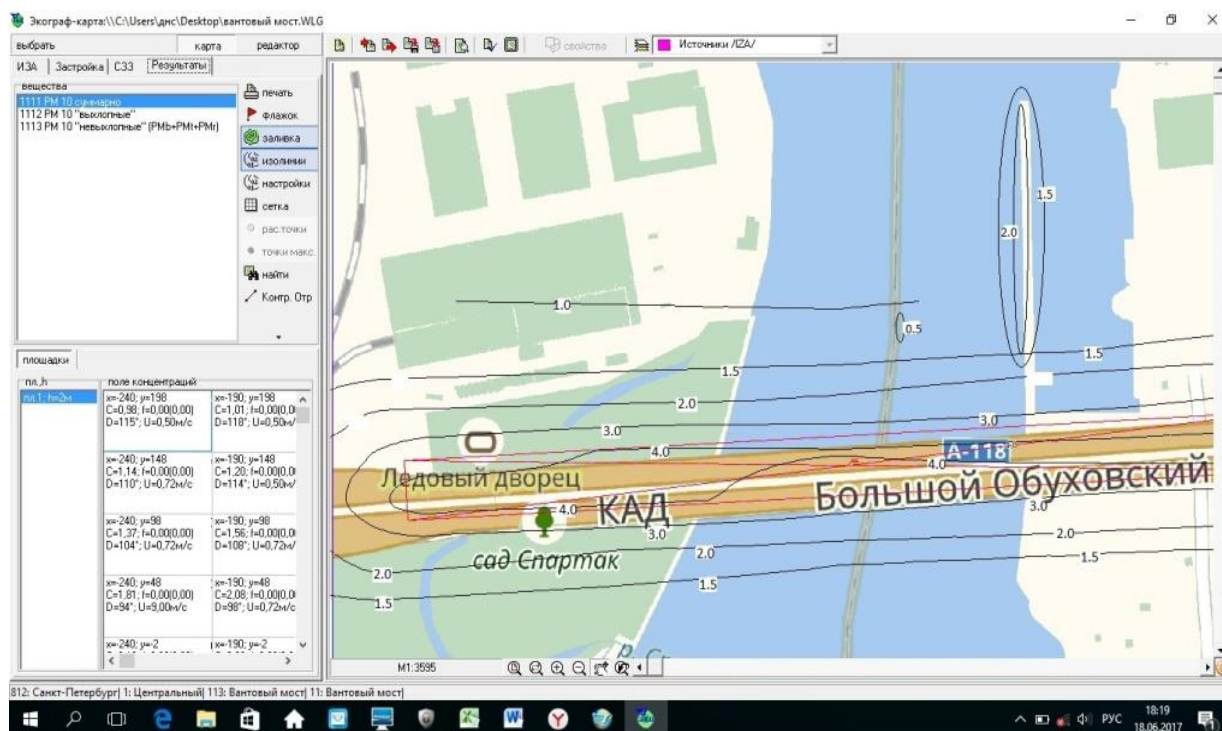


Рисунок 1 – Визуализация результатов численного исследования загрязнения воздуха автотранспортом и водным транспортом вблизи Большого Обуховского моста

Описанный методический подход позволяет дать приближенную оценку уровня загрязнения приземного воздуха автомобильным и водным транспортом в зоне их совместного влияния при осуществлении неблагоприятного сценария развития ситуации. Повысить эффективность расчетного мониторинга можно путем интегрирования расчетных методов для прогнозирования и контроля экологической ситуации в современные уже существующие и непрерывно развивающиеся интеллектуальные системы управления транспортным комплексом.

#### Концептуальные подходы развития информационного и коммуникационного процессов мониторинга воздействия транспорта на атмосферу большого города

Современные подходы в области мониторинга экологической ситуации на транспорте должны базироваться на перспективных информационных технологиях. В транспортной сфере новые технологии проявляются в дальнейшей цифровизации и информатизации, в разработке и создании роботизированных транспортных средств и интеллектуализации транспортных магистралей.

Мультидоменный подход в мониторинге. В качестве фундаментальной основы для описания и анализа проблемы предлагается использовать доменную модель инфокоммуникаций, позволяющую формально описать процессы информационного взаимодействия, обслуживаемые соответствующими интерфейсами участников процесса [5]. Рассматриваемая модель предполагает разделение пространства взаимодействия на три уровня (домена), каждый из которых связан с группами объектов общей природы – «физическими», «информационными» и «когнитивными». На границах доменов реализуются соответствующие интерфейсы, позволяющие осуществлять информационное взаимодействие составляющих систему элементов. Доменная модель инфокоммуникаций обеспечивает общую методологию, включающую как методы формального описания физических, кибернетических и киберфизических процессов, так и способы количественного анализа параметров и характеристик используемых систем.

В соответствии с используемой нами иерархической моделью мониторинга рассматриваемые транспортные моды (автотранспорт и водный транспорт) логически декомпозируются на несколько вложенных взаимосвязанных уровней: индивидуальное транспортное средство, управляемое водителем, транспортный поток, участок транспортной сети, магистраль, микрорайон, район города, город в целом. Каждый последующий уровень системы является надмножеством предыдущих, аккумулируя соответствующие им экологические проблемы и добавляя свои собственные.

$$S_1 \in S_2 \in S_3 \in \dots \in S_N$$

Подсистема  $M$   $i$ -го уровня иерархии  $\xi_M^i$  образует вектор из  $N(M)$  классов различных воздействий  $\langle \chi_1^i, \chi_2^i, \dots, \chi_N^i \rangle$ . Верхний уровень  $\xi^{i+1}$  модели (в рассматриваемом примере это – город) аккумулирует негативные факторы всех предыдущих уровней:

$$\xi^{i+1} = \sum_{M=1}^K \xi_M^i.$$

Данная модель позволяет разделять уровни и контролировать глубину процесса, выявлять наиболее уязвимые участки.

Обобщенная архитектура системы прогнозирования и контроля воздействия автомобильного и водного транспорта на окружающую среду представлена на рис. 2. Она базируется на доменном подходе и иерархических моделях. Благодаря всепроникающему сенсорному покрытию в информационном слое формируются цифровые тени (digital shadow) объектов физического слоя, включающего в себя иерархию отдельных транспортных систем и мультимодальные сегменты.

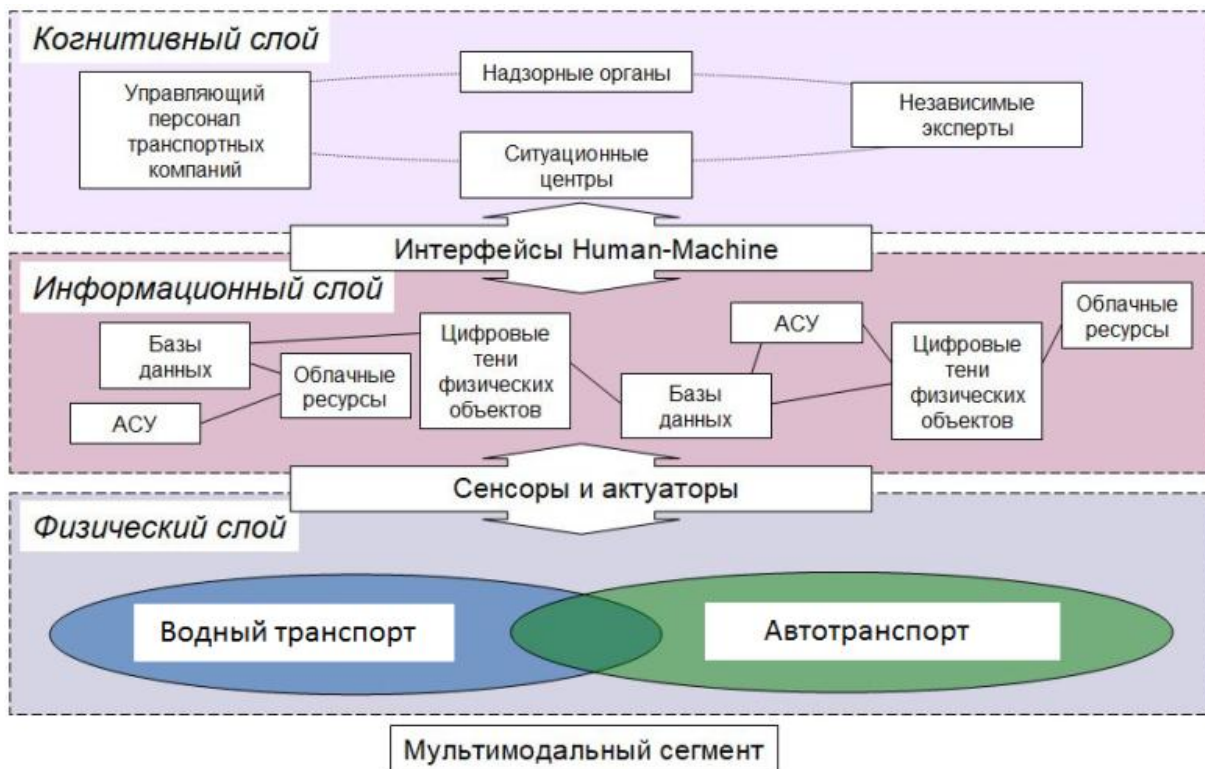


Рисунок 2 – Обобщенная архитектура системы прогнозирования и контроля воздействия автомобильного и водного транспорта на окружающую среду

Комплекс инфотелекоммуникационных технологий позволяет осуществлять автоматизированное управление объектами, сбор данных, их обработку и анализ, облачное хранение.

#### Список литературы

1. Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И. К вопросу о развитии информационно-коммуникационного процесса управления экологической безопасностью автомобильного транспорта в городах // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2016. № 4 (40). С. 91-98.
2. Иванченко А.А. Охрана воздушного бассейна при проектировании и эксплуатации судовых энергетических установок: монография / Иванченко А.А., Иванченко А.А.. СПб.: Изд-во Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2014. 327 с.
3. Иванченко А.А., Петров А.П., Живлюк Г.Е. Энергетическая эффективность судов и регламентация выбросов парниковых газов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2015. № 3 (31). С. 103-112.
4. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. // Под ред. М.Я. Берлянда, Н.К. Гасиловой, Е.Л. Гениховича, Р.И. Оникула (Госкомгидромет СССР) и В.А. Глухарева (Госстрой СССР).
5. Sotnikov A., Rogozinsky G. The Multi-Domain Infocommunication Model as the Basis of an Auditory Interfaces Development for Multimedia Informational Systems // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Vol. 11. № 5. PP. 77-82.

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АВАРИЙ НА НЕФТЕПРОВОДАХ

*Калач Андрей Владимирович – доктор химических наук, профессор, начальник кафедры безопасности информации и защиты сведений, составляющей государственную тайну инженерно-технического факультета*

*ФГКОУ ВО Воронежский институт Федеральной службы исполнения наказаний России*

*394072, Россия, Воронеж, ул. Иркутская, д. 1-а, AVKalach@gmail.com*

*Аннотация. Представлен анализ и обобщение статистических данных по авариям на технологических нефтепроводах в РФ в период с 2012-2016 гг. По результатам исследования установлена закономерность причин этих аварий.*

*Ключевые слова: аварийная ситуация, взрыв, пожар пролива, взрывная волна, нефтепровод, пожарный риск.*

## OIL PIPELINES TECHNOLOGICAL ACCIDENTS STATISTICAL ANALYSIS

*Kalach Andrew V. – Doctor of Chemical Science, Professor, Head of department of information safety, Federal penitential service of Russia*

*Irkutskaya, 1a, Voronezh, 394072, Russian Federation, AVKalach@gmail.com*

*Abstract. In a research, the analysis and synthesis of oil pipelines technological accidents statistical data during the period 2012-2016 in Russian Federation carried out. By results of a research, the consistent pattern of these accidents reasons is determined.*

*Keywords: emergency, explosion, fire of the passage, blast wave, oil pipeline, fire risk.*

В настоящее время в России эксплуатируются порядка 400 тыс. км промысловых и 217 тыс. км магистральных трубопроводов. Стабильность и безопасность функционирования предприятий нефтепродуктообеспечения и нефтепереработки во многом определяется надежностью систем внутрицехового и межцехового трубопроводного транспорта. Согласно статистическим данным количество аварий на технологических трубопроводах, большинство из которых по причине их разгерметизации, составляет 31,2 % от общего числа аварий рассматриваемых объектов. Эффект разрушения на нефтепроводах значительно меньший, чем на газопроводах, но аварии на них имеют наиболее тяжелые экологические последствия. Воздействие нефтепродукта на почву и воду, как правило, приводит к трудновосстанавливаемому (или практически не восстанавливаемому) режиму естественного самоочищения.

Согласно положениям ФЗ № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» выполнение условий соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности предполагает определение расчетных величин пожарного риска на производственных объектах для оценки безопасности обслуживающего персонала. Выявление степени угрозы при различных сценариях развития пожаровзрывоопасных аварийных ситуаций, предопределяет определение уровня пожарной опасности и показателей опасных факторов пожара (взрыва) на различном расстоянии от очага пожара или эпицентра взрыва.

По статистическим данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору были рассмотрены данные по количеству пожаров, взрывов и выбросов опасных веществ на объектах нефтегазовой отрасли за 2012-2016 гг. Результаты анализа показывают, что ежегодное количество аварийных ситуаций за рассматриваемый период возрастает. Данные по количеству аварий на объектах нефтегазовой отрасли за период 2012-2016 представлены в таблице 1.

Наиболее вероятными сценариями развития аварийной ситуации являются взрыв ПВС (49%) и пожар пролива (36%). При этом данные сценарии сопровождаются крупным материальным ущербом, что объясняется проливом нефти на большие площади, в результате при взрыве или воспламенении паров жидкости в зону поражения попадает вблизи расположенное технологическое оборудование. Данные сценарии также характеризуются сложными процессами развития и носят затяжной характер при их ликвидации.

Таблица 1 – Данные по количеству аварий на объектах нефтегазовой отрасли

Сценарий аварийной ситуации	Количество аварий										Количество аварий за весь период	
	2012 г.		2013г.		2014 г.		2015 г.		2016 г.			
		%		%		%		%		%		%
взрыв ПВС	5	23	5	39	6	46	9	56	16	80	41	49
пожар пролива	14	64	6	46	5	39	4	25	1	5	30	36
аварийный выход веществ без воспламенения	3	13	2	15	2	15	3	19	3	15	13	15

Данные по причинам поражения людей представлены в таблице 2 [1-11].

Таблица 2 – Статистика несчастных случаев со смертельным исходом на объектах нефтегазовой отрасли в период с 2012-2016 гг.

Причины поражения людей	Число несчастных случаев со смертельным исходом										Общее число	
	2012 г.		2013г.		2014 г.		2015 г.		2016 г.			
		%		%		%		%		%		%
Термическое воздействие	5	50	12	86	2	40	6	100	12	75	37	72
Высота	1	10	2	14	2	40	-	-	1	6,25	6	12
Недостаток кислорода	-	-	-	-	-	-	-	-	2	12,5	2	4
Взрывная волна	3	30	-	-	-	-	-	-	-	-	3	6
Разрушенные технические устройства	-	-	-	-	1	10	-	-	-	-	1	2
Прочие причины	1	10	-	-	-	-	-	-	1	6,25	2	4
Всего	10		14		5		6		16		51	100

Из таблицы 2 видно: 51 несчастный случай имеет смертельный исход. Поражающими факторами в несчастных случаях со смертельным исходом были ожоги, доля которых составляет 72 %. Причиной 6 смертельных случаев явилось падение с высоты (12 %), пониженное содержание кислорода (4 %), поражение взрывной волной (6 %), поражение при разрушении технических устройств (2 %), а также прочие (4 %).

Данные по количеству аварий по видам технологического оборудования нефтеперерабатывающего завода представлены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что наибольшее количество аварий происходит именно на технологических трубопроводах. Анализ количества аварийных ситуаций технологических трубопроводов позволил выявить следующий ряд повторяющихся и закономерных причин этих аварий.

*Таблица 3 – Распределение количества аварий по видам технологического оборудования*

<b>Оборудование</b>	<b>Количество аварий, %</b>
Технологические трубопроводы	31,2
Насосные станции	18,9
Емкостные аппараты (теплообменники, дегидраторы)	15,0
Печи	11,4
Ректификационные, вакуумные и прочие колонны	11,2
Промканализация	8,5
Резервуарные парки	3,8

Причинами разгерметизации технологических трубопроводов, как правило, являются: коррозия (около 25%); перепады давления (около 23%); вибрации (около 20%); осадка фундамента под опорой трубопровода и гидроудары (около 17%); природные явления (около 8%); прочие, в том числе, – повреждения, вызванные непродуманными действиями третьей стороны вблизи местоположения трубопровода (около 7 %).

#### *Список литературы*

1. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа: учебн. пособие для вузов / Г.В. Коннов / Ростов на Дону. Феникс. 2006. 128 с.
2. Аналитический обзор статистических данных по пожарам, взрывам и аварийным выбросам опасных веществ на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 2010-2014 гг. М.И. Лебедева, А.В. Богданов, Ю.Ю. Колесников (Академия ГПС МЧС России; e-mail: lebedeva.fire@gmail.com)]
3. Актуальные научно-технические проблемы при ликвидации ЧС техногенного характера: материалы XXIV Международной научно-практической конференции «Предупреждение. Спасение. Помощь» (19 марта 2014 года) – Химки: Академия Гражданской защиты МЧС России. 2014. С. 157-160.
4. Годовые отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. URL: <http://www.gosnadzor.ru/>.
5. Единая межведомственная информационно-статистическая система, – URL: <http://www.fedstat.ru>.
6. Российский статистический ежегодник. 2007. Москва. Росстат. 825 с.
7. Российский статистический ежегодник. 2009. Москва. Росстат. 759 с.
8. Российский статистический ежегодник. 2011. Москва. Росстат. 795 с.
9. Российский статистический ежегодник. 2012. Москва. Росстат. 786 с.
10. Халиков В.Д., Кокорин В.В., Сатюков Р.С. Статистический анализ аварий на объектах нефтегазовой отрасли / Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Международной конференции молодых ученых // под ред. кол.: Ю.С. Иванов [и др.] // НИИ ПБ и ПЧС МЧС Беларуси. Минск. УП «Промбытсервис». 2013. С.74–77.
11. Халиков В.Д., Кокорин В.В. Сбор информации об авариях. Проблемы. Пути решения / Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности: материалы Недели Науки (декабрь 2013 г.). Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России. 2014. С. 76-78.

## ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ВЕРТОЛЕТНЫХ ПЛОЩАДОК КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАТФОРМ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

*Крутолапов Александр Сергеевич – доктор технических наук, доцент, заместитель начальника института развития*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, krut75@mail.ru*

*Аннотация.* В составе нефтегазодобывающих платформ на морском шельфе в обязательном порядке предусматривается устройство вертолетных площадок. Аварийные ситуации вертолетов, в том числе связанные с пожарами, характеризуются стремительным развитием, при этом сам вертолет и морская стационарная платформа является источником повышенной опасности. Рассматриваются технические решения, обеспечивающие противопожарную защиту вертолетных площадок с учетом условий Арктического региона.

*Ключевые слова:* вертодром, нефтегазовая платформа, Арктический шельф, противопожарная защита.

## FIRE PROTECTION OF HELIPADS AS A COMPONENT OF THE INTEGRATED SECURITY OF THE OIL AND GAS PLATFORMS OF THE ARCTIC SHELF

*Krutolapov Aleksandr – Doctor of Technical Sciences, Deputy Head of the Development Institute for Teaching and Methodology, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russia, krut75@mail.ru*

*Abstract.* As part of oil and gas production platforms on the sea shelf, the installation of helipads is mandatory. The emergency situations of helicopters, including those associated with fires, are characterized by rapid development, with the helicopter itself being a source of increased danger. Technical solutions that provide fire protection for helicopter platforms are considered taking into account the conditions of the Arctic region.

*Keywords:* heliport, oil and gas platform, Arctic shelf, fire protection.

Освоение Арктических нефтегазовых шельфовых месторождений связано с разработкой и внедрением новейших передовых технологий. Морская стационарная платформа как объект повышенной опасности требует создания системы комплексного обеспечения безопасности, одним из элементов которой является противопожарная защита.

Любая морская платформа имеет в своем составе вертолетную площадку. Пожары воздушных судов на вертолетных площадках характеризуются стремительным развитием. Практика показывает, что критическое время свободного развития аварийной ситуации, связанной с пожаром на вертолетной площадке, составляет порядка 2 мин. По истечении данного времени, как правило, проводить тушение самого вертолета уже не целесообразно и все силы и средства необходимо сосредотачивать на проведение спасательных работ и защиту самой нефтегазовой платформы.

Это обусловлено возможностью быстрого развития пожара (растекание вертолетного топлива), наличием большого количества пожарной нагрузки (в первую очередь обращающихся нефтепродуктов), угрозой взрыва, конструктивными особенностями платформы (использование металлоконструкций) и экономическими потерями вследствие «гибели» самой



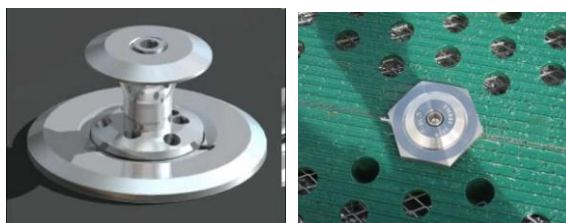
платформы и всего технологического комплекса. Поэтому подача огнетушащего вещества для тушения пожара на вертолетной площадке должна начинаться как можно быстрее.

Документами устанавливается время подачи огнетушащего вещества не более чем через 60 с [1]. Защита вертолетных площадок предусматривается от стационарных систем пенного пожаротушения [1,2]. Используют пену низкой кратности или комбинированную пену низкой и средней кратности [1]. Зарубежные нормативные документы предъявляют для защиты вертолетных площадок аналогичные требования, однако имеются некоторые отличия. Согласно NFPA 418 [3] и CAP 437 [4] для тушения вертолетных площадок предусматривают только пену низкой кратности, а в качестве пеногенераторов рекомендуют использовать лафетные стволы, водопенные насадки либо интегрированные в вертодром всплывающие насадки. Стандарт NORSOK standard S-001 [5] указывает, что применение лафетных стволов должно быть обосновано только невозможностью применения всплывающих насадок, интегрированных в вертодром. Документ учитывает стремительное развитие пожара и требует устанавливать инерционность пуска системы пожаротушения не более 20 секунд [5].

Одним из значимых показателей, характеризующих эффективность систем пожаротушения на платформе, является их работоспособность в условиях ветровых нагрузок. Пена средней кратности легко сдувается даже при незначительном ветре (1 – 3 м/с), и установка тушения пожара становится не эффективна. Ветер так же оказывает влияние на распыленную струю воды. По данным исследований, при ветре порядка 4,5 м/с дальность струи уменьшается примерно на 40 % за счет сноса капель в раздробленном состоянии [6].

На стадии проектирования вертодромов при размещении генераторов комбинированной пены или лафетных стволов также необходимо учитывать их большие геометрические размеры, что особенно важно для зоны FATO (Final Approach and Takeoff area – зона конечного этапа захода на посадку и взлета). Следовательно, для создания качественной системы тушения пожаров на вертолетных площадках платформ наиболее эффективной является установка насадок, обеспечивающих высокую плотность равномерно распределённого потока пены низкой кратности.

В зарубежной терминологии насадки, представленные на рис. 1 получили название Deck Integrated Fire-Fighting System (DIFFS) или всплывающие насадки [4,5].



*Рисунок 1 – Внешний вид всплывающих насадок*

Насадки устанавливаются по периметру вертодрома заподлицо.

Равномерно распределенная схема установки нивелирует направление воздействия ветра, как показано на рис. 2.



*Рисунок 2 – Испытание системы пожаротушения вертолётной площадки со всплывающими насадами*

Насадки работают при давлении от 0,4 МПа, что вместе с относительно малым расходом каждого из насадков позволяет проводить спасательные работы при действующей установке пожаротушения.

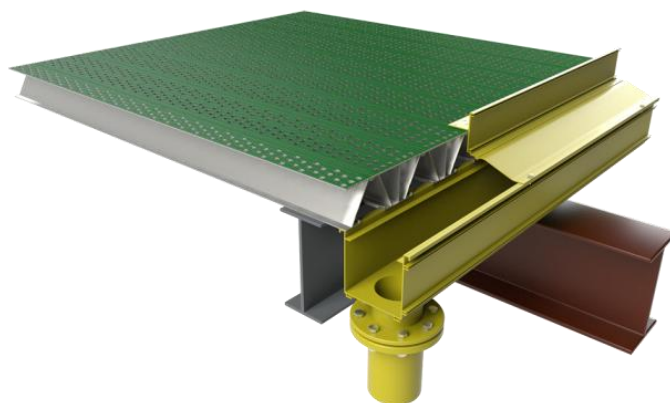
Наряду со всплывающими насадками низкой инерционностью и высокой эффективностью обладают универсальные водопенные насадки, представленные на рис. 3.



*Рисунок 3 – Внешний вид и испытание универсальных водопенных насадков «Антифайер»*

Универсальные водопенные насадки формируют распыленную струю пены низкой кратности при рабочем давлении 0,6-1,0 МПа с несколько большим расходом, нежели всплывающие насадки. Изделие представляет собой дренчерный ороситель с расширенными характеристиками (регулирование давления, настройка карты орошения) и не требует дистанционного управления и дополнительных работ по техническому обслуживанию.

Наибольшую опасность при пожаре представляет топливо баков вертолетов. Для максимально быстрого удаления пролитого топлива целесообразно использовать конструкцию покрытия площадки в виде просечных листов, как показано на рисунке 4. Под покрытием размещаются лотки для отвода пролитого топлива в аварийную емкость.



*Рисунок 4 – Конструкция покрытия вертолетной площадки*

В целом, система технического регулирования пожарной безопасности предъявляет так же требования по горючести покрытия площадки, обеспечению путей эвакуации людей, организационно-техническим и режимным мероприятиям, аналогичным для вертодромов на зданиях [7]. Вертолетная техника широко применяется для нефтегазовых проектов в Арктическом регионе.

Рассмотренные решения могут быть использованы не только для морских стационарных платформ, но на вертодромах на судах, а так же на кровлях зданий и сооружений на суше.

### Список литературы

1. СП 135.13130.2012 Вертодромы. Требования пожарной безопасности.
2. НД 2-020201-013 Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП).
3. NFPA 418 Standard for heliports.
4. CAP 437 Standards for offshore helicopter landing areas.
5. NORSOK standard S-001 Technical safety.
6. Горбань Ю.И. Пожарные роботы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране. М.: Пожнаука. 2013. 352 с.
7. Мироньчев А.В. Комплексное обеспечение пожарной безопасности вертолетных площадок зданий // Надзорная деятельность и судебная экспертиза. 2012. № 1. С. 25-28.

УДК 629.017

## СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Демехин Феликс Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, masima82@inbox.ru*

*Аннотация. В работе предлагается метод снижения электризации нефтепродуктов при их транспортировке. При обработке переменным частотно-модулированным потенциалом уменьшается электризация жидкостей на 47-88% по сравнению с контрольным образцом. Приведены результаты экспериментальных исследований по влиянию переменного частотно-модулированного потенциала на кинетику электризации жидкости при движении по трубопроводам, что составляет  $26 \pm 1$  В/м, что на 40% меньше контрольного образца.*

*Ключевые слова: углеводородная жидкость, бензин, переменный частотно-моделированный потенциал, электризация, статическое электричество, транспортировка, трубопровод.*

## DECREASE IN FIRE DANGER WHEN TRANSPORTING OIL PRODUCTS

*Demekhin Felix V. – Doctor of Engineering, professor of department of fire safety of technological processes and productions  
St. Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia  
Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, masima82@inbox.ru*

*Abstract. In work the method of decrease in electrization of oil products at their transportation is offered. When processing by variable frequency-modulated potential electrization of liquids decreases by 47-88% in comparison with a control sample. Results of pilot studies on influence of variable frequency-modulated potential on kinetics of electrization of liquid at the movement on pipelines are given that makes  $26 \pm 1$  In oil that is 40% less than a control sample.*

*Keywords: hydrocarbonic liquid, ethanol, variable frequency моделированный potential, electrization, static electricity, transportation, pipeline.*

Пожарная опасность процессов транспортировки легковоспламеняющихся и горючих жидкостей очень велика. Одной из проблем транспортировки на сегодняшний день является обеспечение электростатической безопасности таких процессов.

В процессе налива, слива и перевозки ЛВЖ и ГЖ в резервуарах и ёмкостях в результате разбрызгивания происходит электризация жидкости, что способствует возникновению статического электричества. Разряды статического электричества, в свою очередь, способны зажигать смеси горючих газов, паров или пылей с воздухом или другими окислителями.

Из всех существующих на сегодняшний день мер обеспечения электростатической безопасности ни один из имеющихся способов нейтрализации СЭ не является универсальным. Каждый имеет свои преимущества и недостатки. Таким образом, возникает необходимость в создании нового метода снижения электростатической опасности технологических процессов и производств.

Практически все углеводородные жидкости являются диэлектриками, и поэтому при их транспортировке возникает статическое электричество, эти заряды при различных условиях эксплуатации оборудования могут уходить в землю и нейтрализоваться, а могут накапливаться и создавать высокие потенциалы, достигающие порой десятков тысяч вольт. При достижении величины напряженности 25 В/м, при нормальных условиях возникает разряд статического электричества, способный воспламенить пары горючей жидкости.

Несмотря на существующие меры защиты, опасность взрыва или воспламенения остаётся очень высокой. Существуют различные способы нейтрализации статического электричества, как физические, так и химические, но они имеют ряд недостатков. Химическое вмешательство способно «загрязнить» исходные вещества и негативно сказаться на их свойствах. Необходимо искать альтернативные способы достижения желаемого результата без побочных эффектов.

Известно, что использование некоторых физических факторов имеет возможность изменить физико-химические свойства и надмолекулярную структуру жидкостей. Также, при использовании физических катализаторов возникает возможность придать жидкостям необходимые технологические свойства без внесения в них реагентов («загрязнителей»). Таким образом, целью исследований явилось изучение влияния электрического потенциала на напряженность электрического поля и возможность возникновения разряда статического электричества для жидких углеводородов.

Было проведено исследование, в котором рассматривались органические легковоспламеняющиеся жидкости с различным молекулярным строением. Углеводородные жидкости были выбраны таким образом, чтобы отследить влияние различного молекулярного строения на изменение их свойств при обработке переменным частотно-модулированным потенциалом. Исследовался бензин А-92, легковоспламеняющаяся, бесцветная жидкость, представляющая собой смесь легких углеводородов.

Экспериментальную часть работы проводили на лабораторной установке, моделирующей процесс транспортировки углеводородных жидкостей по трубопроводу. Во время прохождения жидкости по трубопроводу происходило накопление электрического заряда. При этом заряды одного знака, адсорбирующиеся на поверхности твердой стенки, нейтрализовались, а заряды противоположного знака находятся в объеме жидкости и при ее движении увлекались потоком, формируя ток электризации. Таким образом, при закачке жидкости по трубам в резервуар, находящиеся в ее объеме заряды вместе с жидкостью скапливались в приемной емкости. Эксперименты проводились с каждым образцом вещества в три этапа: испытываемая фильтрованная жидкость без применения мероприятий по снижению напряженности электрического поля, испытываемая фильтрованная жидкость с использованием заземления и образец, обработанный при помощи генератора частотно-модулированного потенциала.

Методом изменения надмолекулярной структуры и физико-химических свойств легковоспламеняющейся жидкости служил метод электрофизического воздействия с помощью генератора переменного частотно-модулированного потенциала, изготовленный на экспериментально-опытном заводе при Санкт-Петербургском Государственном технологическом университете. В ходе проведения экспериментов были получены результаты, представленные в таблице (табл. 1) и на графике (рис. 1).

Таблица 1 – Результаты эксперимента

Вещество	Напряженность эл. поля мВ/м	Эффективность мероприятий по снижению напряженности эл. поля %
Бензин А-92	$164,4 \pm 0,41$	
	$105 \pm 3,2$	36,3
	$87 \pm 3,2$	47,1

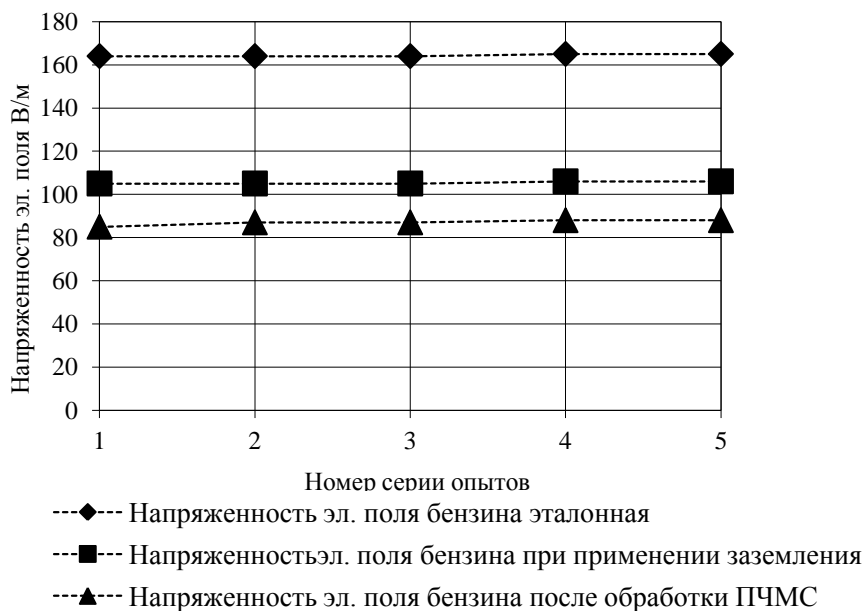


Рисунок 1 – Опыты при транспортировке этилового бензина

По результатам экспериментов можно сделать выводы, что для бензина А-92 воздействие переменным частотно-модулированным потенциалом эффективнее, чем применение заземления примерно на 10-11%.

Обобщив и проанализировав результаты проделанной работы, можно сделать следующие выводы:

1. Переменный частотно-модулированный потенциал, воздействуя на жидкие органические соединения, безусловно, влияет на их физико-химические свойства. Происходит снижение электризации.

2. Выявлено характерное влияние конфигурации молекулы вещества на изменение его физико-химических свойств при обработке переменным частотно-модулированным потенциалом. Жидкости, обладающие разветвленной молекулярной структурой, более подвержены воздействию ПЧМП.

3. Эффективность данного метода снижения напряженности электростатического поля выше, чем применение заземления.

#### Список литературы

1. Правила промышленной безопасности в производстве растительных масел методом прессования и экстракции (ПБ 09-524-03). М.: ГУП «НТЦБП Госгортехнадзора России». 2003. 126 с.
2. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров. Л.: ВНИИЖ/ 1989. Т.VI. Кн. 2. 652 с.
3. Бучаченко А.Л. Химическая поляризация электронов и ядер. М.: Наука. 1974. 215 с.

4. Влияние слабых магнитных полей на реакции рекомбинации свободных радикалов. Effects of weak magnetic fields on free radical recombination reactions / Timmel C.R., Tiu V., Brocklehurst B., Melauchlan K.A., Kore P.S. // Mol. Phys. 1998. 95. № 1. С. 71-89.

5. Сравнение молекул в электрических полях и в среде с СН-связями с использованием метода НО. Are hydrogen bonds covalent or electrostatic? A molecular orbital comparison of molecules in electric fields and H. bonding environments / Dannenberg J.J., Haskamp Laury, Masicov Artem // J. Phys. Chem. A. 1999. 103. № 35. С. 7083-7086. Англия. Место хранения ГПНТБ России.

6. Электрическое поле в диэлектрических структурах с неравномерно распределённой поверхностью заряда / А.С. Ястребов // Эн. техн. физ. 1999. № 8 (69). С. 138-140.

УДК 621.6.05, 614.084.2, 614.8.084

## **ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЧИСЛА АВАРИЙНО-НАЛАДОЧНЫХ БРИГАД ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧС НА НЕФТЕГАЗОПРОВОДАХ**

*Таранцев Александр Алексеевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России 196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, t\_\_54@mail.ru заведующий лабораторией проблем безопасности транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук 199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, t\_\_54@mail.ru*

*Аннотация.* Рассмотрена проблема определения рационального числа аварийно-наладочных бригад, обслуживающих нефтегазопроводы в различных климатических зонах и способных ликвидировать последствия ЧС на них – тушить пожары, обнаруживать и устранять несанкционированные врезки, утечки и экологические инциденты. Приведена математическая модель применения аварийно-наладочных бригад, основанная на теории массового обслуживания и предназначенная для решения задач анализа и синтеза.

*Ключевые слова:* нефтегазопроводы, пожарная безопасность, утечки, экология, несанкционированные врезки, аварийно-наладочные бригады.

## **ABOUT DETERMINING THE NUMBER OF EMERGENCY-SETTING BRIGADS FOR THE ELIMINATION OF THE CONSEQUENCES OF EMERGENCY RESPONSE ON OIL AND GAS-PIPELINES**

*Tarancev Aleksandr Al. – Doctor of Technical Sciences, Professor, St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia  
Moskovskiy prospect, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation  
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences,  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation,*

*Abstract.* The problem of determining the rational number of emergency crews servicing the oil and gas pipelines in different climatic zones and capable of eliminating the consequences of emergency situations on them is considered. It is to extinguish fires, to detect and eliminate unauthorized tie-ins, leaks and environmental incidents. A mathematical model for the application of emergency-adjustment teams based on the theory of mass service and intended for solving problems of analysis and synthesis is given.

*Keywords: oil and gas pipelines, fire safety, leaks, ecology, unauthorized tie-ins, emergency service crews.*

Современный исторический этап развития общества характеризуется интенсивной добычей и использованием углеводородного топлива (как правило, нефти, газа и продуктов их переработки) для обогрева и кондиционирования помещений, работы промышленности, обеспечения движения транспорта и т.п.

Углеводородное сырьё от мест добычи (теперь даже из Арктической зоны [1-3]) транспортируется по нефтегазопроводам [4] (рис. 1) к местам их дальнейшей переработки и распределения потребителям. При этом протяжённость нефтегазопроводов может измеряться сотнями и даже тысячами километров, и проходить они могут по малонаселённой местности и различным климатическим зонам.



*Рисунок 1 – Транспортировка углеводородного топлива по трубопроводам в различных климатических зонах РФ*

Тем не менее, при перекачке углеводородного топлива по трубопроводам регулярно возникают ЧС различной природы и масштаба – утечки, пожары, экологическое загрязнение местности, несанкционированные врезки и хищение продукта (рис. 2).

В любом случае это ведёт к ущербу и риску для людей и окружающей среды. Для ликвидации предупреждения и ликвидации последствий таких ЧС создаются аварийно-наладочные бригады (АНБ), в задачи которых входит как мониторинг продуктопроводов (рис. 3), прибытие и ликвидация последствий ЧС при её обнаружении – тушение пожара, пресечение несанкционированных врезок, утечек продукта и устранение экологических инцидентов. К настоящему времени накоплены данные [5] о частотах утечек (табл. 1) и пожарах с ними связанных (табл. 2).

*Таблица 1 – Частота утечек  $[км^{-1}сут^{-1}]$  из технологических трубопроводов различных диаметров  $D$  при диаметрах отверстия  $d$  (по данным [4])*

$D$ , мм	$d=12,5$ мм	$d=25$ мм	$d=50$ мм	$d=100$ мм	разрыв
50	$1,56 \cdot 10^{-5}$	$6,58 \cdot 10^{-6}$	-	-	$3,84 \cdot 10^{-6}$
100	$7,67 \cdot 10^{-6}$	$3,29 \cdot 10^{-6}$	$1,29 \cdot 10^{-6}$	-	$6,58 \cdot 10^{-7}$
150	$5,21 \cdot 10^{-6}$	$2,16 \cdot 10^{-6}$	$8,49 \cdot 10^{-7}$	$3,56 \cdot 10^{-7}$	$6,85 \cdot 10^{-8}$
250	$3,01 \cdot 10^{-6}$	$1,29 \cdot 10^{-6}$	$5,21 \cdot 10^{-7}$	$2,14 \cdot 10^{-7}$	$4,11 \cdot 10^{-8}$
600	$1,29 \cdot 10^{-6}$	$5,48 \cdot 10^{-7}$	$2,16 \cdot 10^{-7}$	$9,31 \cdot 10^{-8}$	$1,75 \cdot 10^{-8}$
900	$8,49 \cdot 10^{-7}$	$3,56 \cdot 10^{-7}$	$1,42 \cdot 10^{-7}$	$6,03 \cdot 10^{-8}$	$1,15 \cdot 10^{-8}$
1200	$6,58 \cdot 10^{-7}$	$2,69 \cdot 10^{-7}$	$1,07 \cdot 10^{-7}$	$4,66 \cdot 10^{-8}$	$8,77 \cdot 10^{-9}$

Таблица 2 – Условные вероятности мгновенного воспламенения  $p_m$ , последующего воспламенения  $p_n$  и образования огненного шара  $p_{ш}$  при утечках  $G$  из продуктопроводов (по данным [4])

$G$ , кг/с		$p_m$			$p_n$			$p_{ш}$		
диапазон	$G_{cp}$	Г	ДФС	Ж	Г	ДФС	Ж	Г	ДФС	Ж
<1	0,5	0,005						0,080		
1-50	10	0,035	0,015		0,036	0,015		0,240		
>50	100	0,150	0,040		0,176	0,042		0,600		
Разрыв	-	0,200	0,050		0,240	0,061		0,100		

Примечания:  $G_{cp}$  – среднее значение, Г – газовая фаза, ДФС – двухфазная смесь, Ж – жидкая фаза



Рисунок 2 – Различные ЧС на продуктопроводах (а – пожар на газопроводе, б – несанкционированная врезка в нефтепровод, в – повреждение трубопровода, г – экологические загрязнение нефтепродуктом)

При проектировании и эксплуатации нефтегазопроводов неизбежно встает задача определения рационального числа универсальных АНБ – если их будет мало, то нефтегазовая отрасль будет нести потери от несвоевременного устранения последствий ЧС, а если неоправданно много – излишние расходы на содержание АНБ.

Одним из подходов к решению такой задачи может быть использование методов теории массового обслуживания [6]. При этом система ЧС-АНБ, обслуживающая участок протяженностью  $L$ , может быть представлена как система массового обслуживания (СМО), которая может пребывать в 4-х состояниях:  $S_0$  – на участке трубопровода ЧС нет;  $S_1$  – на участке произошел пожар;  $S_2$  – утечка нефтепродукта (выброс газа);  $S_3$  – обнаружена врезка. Граф переходов для такой СМО показан на рис.4. Обозначения:  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  – частоты возникновения ЧС – пожаров, утечек и врезок на единицу длины трубопровода;  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  – скорости устранения соответствующих ЧС. Частота  $\lambda_2$  может быть взята из табл.1, частоты  $\lambda_1$  и  $\lambda_3$  – по ста-



тистике для конкретного нефтегазопровода. Скорости  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  и  $\mu_3$  могут быть оценены по выражениям – соответственно:

$$\mu_i = \left( t_{oi} + \frac{L}{V} + t_i + t_{vi} \right)^{-1}, i \in 1,3, \quad (1)$$

где  $t_{oi}$  – время обнаружения  $i$ -й ЧС;  $V$  – средняя скорость движения АНБ от места базирования (как правило, посередине участка) к месту ЧС;  $t_i$  – время ликвидации  $i$ -й ЧС;  $t_{vi}$  – время восстановления готовности АНБ после  $i$ -й ЧС.



Рисунок 3 – Мониторинг продуктопровода с использованием БПЛА («РН- Краснодар-нефтегаз»)

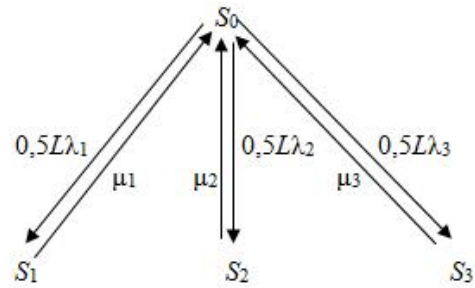


Рисунок 4 – Граф переходов для СМО «ЧС-АНБ» для участка нефтегазопровода длиной  $L$

Времена  $t_{oi}$ ,  $t_i$ ,  $t_{vi}$  и скорость  $V$  определяются статистически для каждого конкретного условия и являются величинами случайными. В рамках общепринятых допущений [5] для установившихся процессов графу на рис.4 соответствует система линейных алгебраических уравнений:

$$0 = -0,5L(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)p_0 + \mu_1 p_1 + \mu_2 p_2 + \mu_3 p_3; \quad (2)$$

$$0 = 0,5L\lambda_1 p_0 - \mu_1 p_1; \quad (4)$$

$$0 = 0,5L\lambda_2 p_0 - \mu_2 p_2; \quad (5)$$

$$0 = 0,5L\lambda_3 p_0 - \mu_3 p_3; \quad (6)$$

где  $\{p_i\}$  – вероятности состояний  $\{S_i\}$ , причем  $p_1 + p_2 + p_3 = 1$ .

Решение системы уравнений (2)-(6) позволяет найти вероятности состояний СМО:

$$p_i = 0,5\lambda_i L \left( t_{oi} + \frac{L}{V} + t_i + t_{vi} \right) p_0, i \in 1,3, \quad (7)$$

$$p_0^{-1} = 1 + 0,5L \left[ \lambda_1 \left( t_{o1} + \frac{L}{V} + t_1 + t_{v1} \right) + \lambda_2 \left( t_{o2} + \frac{L}{V} + t_2 + t_{v2} \right) + \lambda_3 \left( t_{o3} + \frac{L}{V} + t_3 + t_{v3} \right) \right]. \quad (8)$$

Принципиально важным для данной СМО является немедленное реагирование на ЧС, определяемое вероятностью  $p_0$ . По аналогии с [7] может быть принято условие:

$$p_0 > 0,999. \quad (9)$$

Выражения (7) и (8) позволяют решать задачи анализа и синтеза СМО. В первом случае, зная общую протяжённость нефтегазопровода, число обслуживающих его АНБ, частоты  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  и скорости  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$ , для каждой АНБ определяют длину участка  $L$  и по (8) находят вероятность  $p_0$ , после чего проверяют выполнение условия (9). При решении задачи синтеза по известным величинам  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \mu_1, \mu_2, \mu_3$  и заданной вероятности  $p_0$  находят максимальную протяжённость участка обслуживания АНБ:

$$0 = (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)L^2 + V[\lambda_1(t_{o1} + t_1 + t_{в1}) + \lambda_2(t_{o2} + t_2 + t_{в2}) + \lambda_3(t_{o3} + t_3 + t_{в3})]L - 2V(p_0^{-1} - 1). \quad (10)$$

$$L = \frac{\sqrt{b^2 + 8V(p_0^{-1} - 1)(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)} - b}{2(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)}, \quad (11)$$

где  $b = V[\lambda_1(t_{o1} + t_1 + t_{в1}) + \lambda_2(t_{o2} + t_2 + t_{в2}) + \lambda_3(t_{o3} + t_3 + t_{в3})]$ .

Таким образом, с использованием полученной модели СМО «ЧС-АНБ» становится возможным решать задачи анализа и синтеза систем ликвидации последствий ЧС на нефтегазопроводах с использованием АНБ. В первом случае модель позволяет оценить достаточность АНБ для обеспечения реагирования на ЧС – возгорания и утечки, а также пресекать несанкционированные врезки. Во втором случае, исходя из заданной вероятности немедленного реагирования, определять рациональную протяжённость нефтегазопровода, закреплённого за одной АНБ, и тем самым определять общее число АНБ на всей его длине. В дальнейшем, помимо вероятности немедленного реагирования АНБ, представляется целесообразным ввести критерий экономической эффективности, исходя из ущербов от различных ЧС и стоимости содержания АНБ.

#### Список литературы

1. Основы государственной политики РФ в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу. Утверждены Президентом РФ 18.09.2008, № Пр-1069.
2. Указ Президента РФ «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» от 02.05.2014 № 296.
3. Указ Президента РФ «О государственной комиссии по вопросам развития Арктики» от 03.02.2015 № 50.
4. Коршак А.А., Нечваль А.М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов. СПб.: Недра, 2008. 488 с.
5. Методика определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах. Приказ МЧС от 10.07.2009 г. № 404.
6. Таранцев А.А. Инженерные методы теории массового обслуживания / Монография. Изд. 2-е, перераб. и доп. СПб.: Наука, 2007.
7. РД 45.120-2000 (НТП 112-2000) Городские и сельские телефонные сети. Нормы технологического проектирования.

УДК 004.94+681.51

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

*Каминский Валерий Юрьевич* – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, Kaminskyvy@yandex.ru

**Скоруходов Дмитрий Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, skorohodda@mail.ru

**Козьмовский Дмитрий Васильевич** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, kodmee@gmail.com

Аннотация. Определены факторы, характеризующие безопасность линейной части магистрального газопровода и проведено их ранжирование. На основе метода парных сравнений предложен алгоритм, определяющий коэффициенты важности факторов, влияющих на безопасность объекта.

Ключевые слова: магистральный газопровод, безопасность, фактор, метод, ранжирование, оценка.

## INTEGRATED SAFETY ASSESSMENT OF LINEAR PART OF GAS PIPELINE

*Kaminsky Valery Yu. – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Head of the Laboratory, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, Kaminskyvy@yandex.ru*

*Skorokhodov Dmitriy Alekseevich Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Chief Researcher Officer, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, skorohodda@mail.ru*

*Koz'movskij Dmitrij V. – Ph.D., Leading Researcher of Laboratory of the organization of transport systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, kodmee@gmail.com*

Abstract. The factors that characterize the security of linear part of gas pipeline and their ranking is carried out. Based on the method of paired comparisons the proposed algorithm that determines the coefficients of importance of the factors affecting the safety of the object.

Keywords: pipeline, safety, factor, method, ranking, rating.

Магистральные газопроводы (МГ) одновременно являются опасными производственными и пожароопасными объектами. Потребность в оценке их безопасности существует в пределах жизненного цикла МГ, что установлено законодательно [1-3] и обеспечено правилами и методическими указаниями [4-7].

Правила [4,5] применяют при проектировании новых и реконструкции действующих газопроводов, предназначенных для транспортирования различных видов продукции нефтегазового комплекса (природный, попутный, естественный, искусственный углеводородный газ). Соблюдение этих правил при строительстве призвано гарантировать безопасность эксплуатации МГ различными субъектами хозяйственной деятельности.

Методические указания [6] будучи стандартом организации (СТО Газпром 2-2.3-351-2009) используются только при оценке опасности производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром» и не обязательны для других организаций.

Особенность методик [6,7] состоит в анализе опасности с использованием понятия риска для человека, имущества и окружающей среды. При этом учитываются сведения о произошедших авариях на МГ. Данная концепция опирается на международную и отечественную практику и связана с необходимостью разработки деклараций промышленной и пожарной безопасности, а так же страхованием объектов.

Практика применения методик оценки риска [6,7] показала потребность в обработке значительного массива исходных данных в условиях неопределённости их численных значений. Данные назначают, сообразуясь с мнением экспертов, что, в итоге, приводит к низкой достоверности результатов.

Оценка риска с использованием численных характеристик магистральных газопроводов при переходах через искусственные препятствия, рассмотрена в [8,9]. Однако значения характеристик, определяющих безопасность МГ, трудно выразить количественно. В наибольшей степени это относится к линейной части (ЛЧ) магистрального газопровода (МГ), поскольку требования безопасности к ЛЧ формулируются вербально, при этом указываются границы безопасного диапазона [4,5].

Следует констатировать, что субъективизм оценок влияния различных факторов на безопасность МГ присущ всем известным методикам, однако степень неопределённости можно снизить, путем осреднения мнений экспертов.

Рассмотрим методику, предложенную авторами. Её особенность – группировка факторов, характеризующих безопасность ЛЧ МГ. Выделим две группы факторов:

- факторы, влияние которых количественно можно оценивать функцией полезности релейного вида: 1 – хорошо, 0 – плохо;
- факторы, количественно оцениваемые функцией аналогового вида.

Если оценка факторов первой группы очевидна, то количественная оценка второй группы вызывает затруднение. Для преодоления их использована непрерывная функция желательности Харрингтона [10]. Эта функция устанавливает связь между лингвистической шкалой оценки качества и значениями шкалы предпочтений двух видов:

отрицательным градиентом:

$$P(x) = \exp(-\exp(-k(x_{\max} - x))); \quad (1)$$

с положительным градиентом:

$$P(x) = \exp(-\exp(-kx)), \quad (2)$$

где  $P(x)$  – численное значение вероятности, отражающее влияние некоторого фактора  $x$  на состояние безопасности ЛЧ МГ;

$$k = \frac{6}{x_{\max} - x_{\min}} \text{ – коэффициент пропорциональности в уравнении (1);}$$

$$k = \frac{6}{x_{\max}} \text{ – коэффициент пропорциональности в уравнении (2);}$$

$x_{\max}$ ,  $x$ ,  $x_{\min}$  – соответственно максимальное, промежуточное и минимальное значения фактора влияния.

Зависимость (1) применяют, когда увеличение фактора влияния приводит к снижению безопасности.

Выражение (2) – в случае, если рост фактора влияния увеличивает безопасность объекта.

Всего учитывается 36 характеристик (факторов), влияющих на безопасность ЛЧ МГ. Часть их оценивается функцией релейного вида, например:

- маршруты проезда и мелко заглублённые (оголённые) участки;
- степень агрессивности грунта;
- сейсмичность района и обеспечение сигнальными системами;
- наличие отбора газа на оцениваемом участке трассы.

Влияние остальных факторов выполняется по шкале желательности Харрингтона [11].

Связь между лингвистической шкалой оценки качества и значениями шкалы предпочтений для отдельных групп факторов (с учетом физической сущности их влияния на безопасность) представлена в таблицах 1-6.

Каждому фактору, влияющему на безопасность ЛЧ МГ, соответствует одна из приведенных таблиц. Например, влияние года ввода в эксплуатацию ЛЧ газопровода (или его участка), состояние насыпной наземной прокладки и очистку трассы от зарослей оценивают по таблице 1. Возможные потери газа при аварии – по таблице 6, коррозионное состояние – по таблице 3, и т.д.

Степень влияния  $\lambda_i$  каждого из факторов на общую безопасность объекта оценивается коэффициентами важности, которые рассчитываются методом парного сравнения 16 и 20 факторов на основе матрицы, представленной таблицей 7.

Таблица 1

Состояния объекта или качество выполненных работ	Количественные отметки по шкале полезности
Отличное	1,00
Очень хорошее	0,80
Хорошее	0,63
Удовлетворительное	0,37
Неудовлетворительное	0,00

Таблица 2

Состояния объекта или качество выполненных работ	Количественные отметки по шкале полезности
Отличное	1,00
Очень хорошее	0,80
Хорошее	0,63
Удовлетворительное	0,37

Таблица 3

Состояния объекта или качество выполненных работ	Количественные отметки по шкале полезности
Отличное	1,00
Очень хорошее	0,80
Хорошее	0,63

Таблица 4

Состояния объекта или качество выполненных работ	Количественные отметки по шкале полезности
Очень хорошее	0,80
Хорошее	0,63
Удовлетворительное	0,37
Плохое	0,20

Таблица 5

Состояния объекта или качество выполненных работ	Количественные отметки по шкале полезности
Очень хорошее	0,80
Хорошее	0,63
Удовлетворительное	0,37
Плохое	0,20
Информация отсутствует	0,00

Таблица 6

Состояния объекта или качество выполненных работ	Количественные отметки на шкале полезности
Очень хорошее	0,80
Хорошее	0,63
Удовлетворительное	0,37

Таблица 7

Факторы влияния	X 1	X 2	X3	X 4	X 5	...	$\lambda_i$
X1	1	0	0	1	0	1	0,05
X2	2	1	2	2	1	7	0,15
X 3	2	0	1	2	1	5	0,25
X 4	1	0	0	1	0	1	0,05
X 5	2	1	1	2	1	6	0,20
...	...	...	...	...	...	...	...
							1,00

Далее определяется степень влияния различных факторов и их групп на состояние ЛЧ МГ в виде вероятностных зависимостей по известным формулам:

$$P_{\text{сум}} = P_z * P_m * P_p; \quad (3)$$

$$P_m = \sum_{i=1}^{20} \lambda_i P_i, \quad P_z = \sum_{i=1}^{16} \lambda_i P_i, \quad (4)$$

где  $P_{\text{сум}}$  – суммарная эффективность защиты ЛЧ МГ;  $P_z$  и  $P_m$  – эффективности влияния факторов на состояние ЛЧ МГ, определяемые по изложенной методике;  $P_p$  – эффективность характеристик-результатов, определяемая фактическим уровнем безаварийной работы ЛЧ МГ на основании использования модифицированной (зеркальной) функции желательности Харрингтона:

$$P_{\text{ур}} = \exp \left( - \exp \left( \frac{-6}{N_{\text{ав}}^{\text{max}}} (N_{\text{ав}}^{\text{max}} - K_{\text{авар.}}) \right) \right), \quad (5)$$

где  $N_{\text{ав}}^{\text{max}}$  – максимально допустимое число аварий на одном участке (ветки) ЛЧ МГ в год;  $K_{\text{авар.}}$  – коэффициент аварийности, рассчитываемый как среднее число аварий, приходящихся на один участок (ветку) в год:

$$K_{\text{авар.}} = \frac{N_{\text{ав}}^{\Sigma}}{N_{\text{г}} * T}, \quad (6)$$

где  $N_{\text{ав}}^{\Sigma}$  – общее число аварий, которые произошли на всех участках МГ ( $N_{\text{г}}$ ) в течение рассматриваемого периода ( $T$ ) лет.

Представленная методика, учитывающая факторы, влияющие на уровень защищенности объекта, позволяет объективно проводить оценку безопасности ЛЧ на всех этапах жизненного цикла магистрального газопровода.

#### *Список литературы*

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015). О промышленной безопасности опасных производственных объектов.
2. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ. О техническом регулировании.
3. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
4. СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы (Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85\*). М.: 2012. 87 с.
5. СП 86.13330.2012. Магистральные трубопроводы (Актуализированная редакция СНиП III-42-80\*). М.: 2012. 44 с.
6. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО Газпром. СТО Газпром 2-2.3-351-2009. М.: 2009.
7. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. N 404. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (с изменениями и дополнениями от 14 декабря 2010 г.).
8. Лаврухин С.А., Иванов А.Н., Поляков А.С. Модели пожаробезопасных подземных переходов нефтепродуктопроводов через автомобильные дороги // Нефтегазовое дело. 2010. Т. 8. № 2. С. 97-100.
9. Лаврухин С.А., Иванов А.Н., Поляков А.С. Техногенная безопасность подземных переходов магистральных газопроводов и нефтепродуктопроводов через кольцевую автомобильную дорогу вокруг Санкт-Петербурга // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы: материалы II международной научно-практической конференции. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. 29-31 октября 2009 г. СПб.: 2009.
10. Адлер Ю.П., Стасова Г.В. Сравнение результатов построения обобщенного параметра оптимизации процесса с помощью функций Харрингтона и Тагути // XVII Ежегодный международный семинар Непрерывное совершенствование деятельности организаций. М.: МИСИС, 30 октября - 1 ноября 2012 г.
11. Скороходов Д.А., Стариченков А.Л., Каминский В.Ю. Комплексная оценка технического состояния магистрального газопровода. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing RU. 2017. 65 с.

УДК 614.841.45

### **ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ ТОПЛИВА В РЕЗЕРВУАРАХ**

*Марухин Петр Николаевич – старший преподаватель кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.*

*Пивоваров Николай Юрьевич – адъюнкт кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149*

*Аннотация. В работе рассмотрены гидравлическая система противопожарной защиты группы резервуаров со стационарной крышей.*

*Ключевые слова:* резервуар со стационарной крышей, пожар, орошение, дыхательная арматура.

## THE SAFE STORAGE OF FUEL IN THE TANKS

*Maruhin Petr N. – Senior Lecturer of the department of fire fighting organization and conduct of rescue operations, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Pivovarov Nikolay Y. – adjunct of the department of fire fighting organization and conduct of rescue operations, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia  
Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation*

*Abstract.* The article contains description of a combined hydraulic system of fire protection group of tanks with a stationary roof.

*Keywords:* stationary roof reservoir, fire, irrigation, breathing valves.

Резервуарные парки – склады для хранения ЛВЖ и ГЖ [1] являются неотъемлемой частью транспортной инфраструктуры. В крупных резервуарных парках (категории I и II) резервуары объединяются в группы с общим обвалованием.

Как свидетельствует статистика [2], полное разрушение резервуаров происходит с частотой  $5 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>, а горение в дыхательной арматуре или по всей поверхности резервуара со стационарной крышей происходит с ещё большей частотой:  $9 \cdot 10^{-5}$  год<sup>-1</sup>.

При этом помимо собственно ущерба от пожара существует угроза взрыва резервуара с риском для жизни пожарных и третьих лиц и риском вывода из строя резервуарного парка в целом. Тушение горящего резервуара также представляет значительную проблему и требует проведения пенных атак после сосредоточения требуемых сил и средств [5], а до их прибытия – охлаждения стенок горящего и соседних резервуаров и дыхательной арматуры.

В типовых сценариях развития пожара, приведенных в [6] и [7], переход от одиночного пожара резервуара к пожару группы резервуаров возможен при горении на их дыхательной арматуре. Необходимость подачи лафетного ствола для охлаждения дыхательной арматуры резервуаров при пожаре прописана в [7] как первоочередная задача для пожарных подразделений. В соответствии с [1], [3] и [4] резервуары объемом 5000 куб.м. и более оборудуются только стационарными установками охлаждения стенок, резервуары меньшего объема стационарными установками охлаждения не оборудуются.

Для решения задачи противопожарной защиты группы резервуаров представляется целесообразным снабдить их гидравлической системой защиты, состоящей из общего кольцевого трубопровода (коллектора), запитываемого от насосной станции, имеющего отводы к каждому резервуару, запорной арматуры, трубопроводов и оросителей. Гидравлическая система защиты резервуаров с нефтепродуктами – совмещение стационарных установок охлаждения резервуаров, состоящих из полуколец или четвертей колец орошения стенок резервуаров с устройствами орошения огнепреградителей в дыхательной арматуре. С целью защиты коллектора при вскипании и выбросе ЛВЖ и ГЖ в обвалование, а также при взрыве резервуара его следует размещать вне обвалования. Резервуары в группе желательно размещать так, чтобы минимизировать прохождение трубопроводов в границах обвалования – на рис. 1 показан вариант группы с 6-ю резервуарами.

В зависимости от сценария пожара к каждому резервуару могут подаваться различные расходы воды {Q} – на полное или частичное орошение стенок и на охлаждение огнепреградителей дыхательной арматуры.

Для предотвращения распространения пламени по дыхательной арматуре резервуары снабжены сухими огнепреградителями [7], которые с целью повышения огнестойкости могут иметь системы охлаждения. Учитывая, что сами резервуары имеют систему орошения (охлаждения) стенок, представляется целесообразным совместить ее с устройством защиты ог-



непреградителя путем подачи воды на его охлаждение, выполнив тем самым такую гидросистему комбинированно.

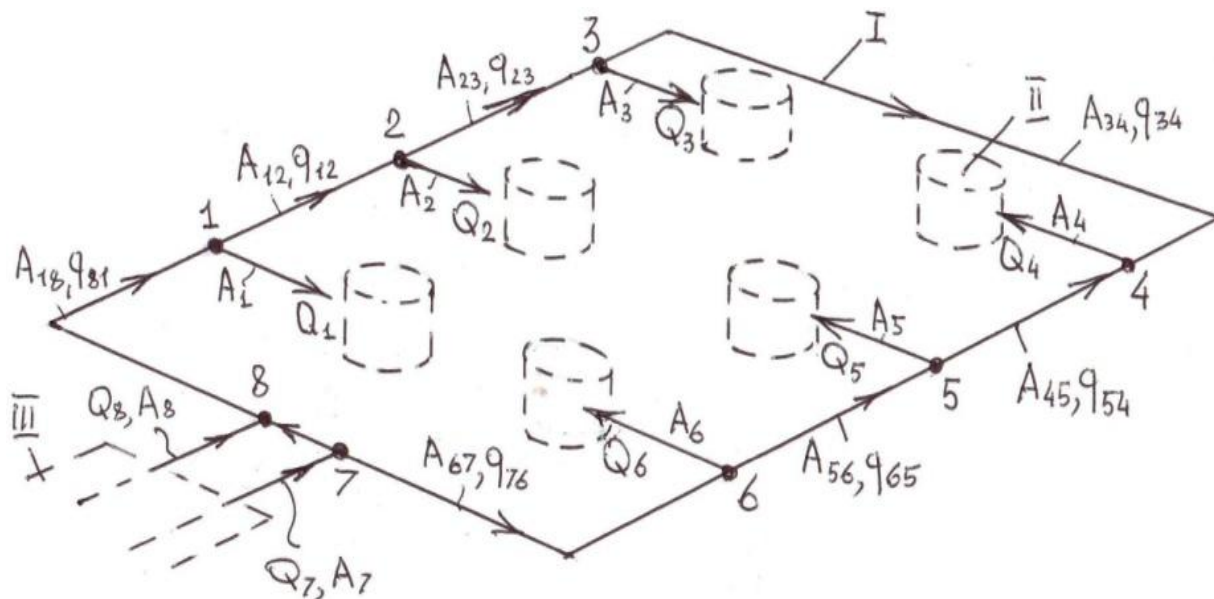


Рисунок 1 – Общий вид группы резервуаров с гидравлическим коллектором: (I – коллектор, II – резервуары, III – насосная станция, 1, ..., 8 – отводы)

Комбинированная система орошения стенок резервуара может быть выполнена 4-х секционной и регулироваться набором задвижек (рис. 2, 3).

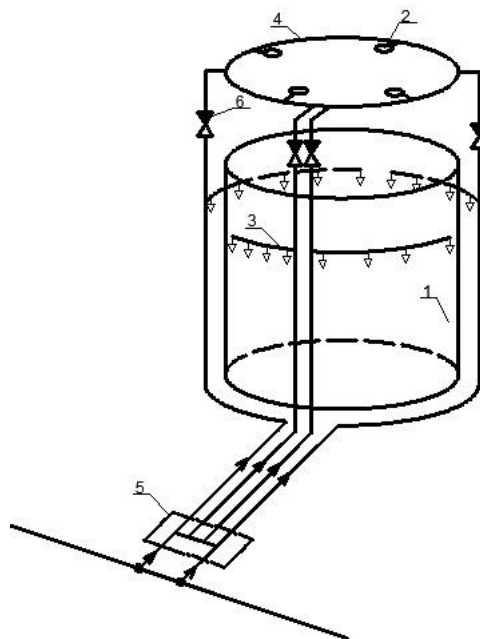


Рисунок 2 – Комбинированная гидравлическая система охлаждения резервуара и дыхательной арматуры:

(1 – резервуар, 2 – дыхательная арматура с огнепреградителем, 3 – секция системы орошения стенок резервуара, 4 – кольцевой трубопровод системы орошения дыхательной арматуры, 5 – блок задвижек комбинированной гидросистемы, 6 – обратный клапан)

В зависимости от сценария пожара (горит ли сам резервуар или соседние в группе) и направления ветра.

При орошении горящего резервуара задействуется задвижка на обводной линии, обеспечивающая повышенную интенсивность подачи воды на охлаждение.

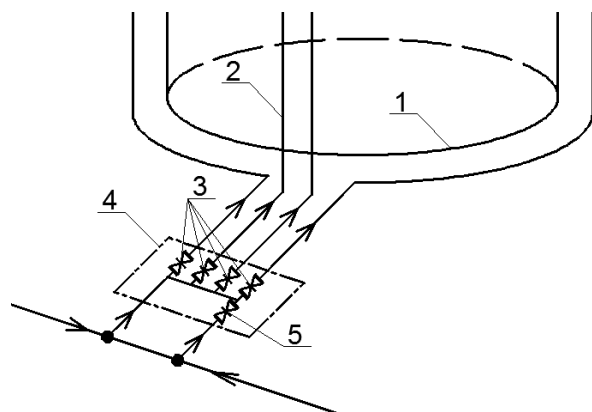


Рисунок 3 – Блок задвижек комбинированной гидросистемы:  
 (1 – резервуар, 2 – трубопровод секции системы орошения стенок резервуара,  
 3 – задвижка включения секции орошения стенок, 4 – блок задвижек комбинированной гидросистемы, 5 – задвижка обводной линии)

#### Список литературы

1. СП 155.13130.2013. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности. Доступ из справочно - правовой системы «Гарант».
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. Приказ МЧС России от 10.07.2009 г. № 404. Зарегистрировано в Минюсте РФ 17.08.2009 г., регистрационный № 14541.
3. РД-13.220.00-КТН-014-10. Нормы проектирования систем пенного пожаротушения и водяного охлаждения объектов магистральных нефтепроводов и нефтепродуктов.
4. СО 03-06-АКТНП-006-200.4 Нормы пожарной безопасности. Проектирование и эксплуатация систем пожаротушения нефтепродуктов в стальных вертикальных резервуарах системы ОАО АК «Транснефтепродукт».
5. Решетов А.П., Ключ В.В., Бондарь А.А., Косенко Д.В. Планирование и организация тушения пожаров. Пожарная тактика: учебник / Под общ. ред. В.С. Артамонова. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. 2015. 395 с.
6. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории. М.: ВНИИПО. 1996.
7. ГОСТ Р 53323-2009 Огнепреградители и искрогасители. Общие технические требования. Методы испытаний.

УДК 614.849

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ

**Фомин Александр Викторович** – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры надзорной деятельности

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
 196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149

**Шахманов Фанис Фаритович** – адъюнкт

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
 196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149

*Аннотация.* В настоящее время определение категории риска не отражает реальный уровень потенциальной опасности таких объектов транспортной инфраструктуры, как автомобильные газозаправочные станции. По результатам анализа системы предлагается математическая модель, которая определит уровень коллективного риска для людей, находящихся в зоне потенциальных негативных последствий возможного пожара, исходя из доступных параметров. Это повысит эффективность отделов надзорной деятельности, и самое главное – уровень безопасности автомобильных газозаправочных станций.

*Ключевые слова:* федеральный государственный пожарный надзор, риск-ориентированный подход, системный анализ, планирование мероприятий по надзору, автомобильные газозаправочные станции, оценка риска.

## SYSTEM ANALYSIS OF APPLICATION OF RISK-ORIENTED APPROACH AT THE ORGANIZATION OF FEDERAL STATE FIRE SURVEILLANCE AT AUTOMOBILE GAS FILLING STATIONS

*Fomin Alexander V. – Candidate of Technical Sciences, Professor, Professor of the Supervisory Activity Department, St. Petersburg State University of Emergency Situations Ministry of Russia  
Moskovskiy prospekt, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation*

*Shakhmanov Fanis F. – Associate, St. Petersburg State University of Emergency Situations Ministry of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation*

*Abstract.* At present, the definition of a risk category does not reflect the actual level of potential danger of such transport infrastructure facilities as automobile gas stations. Based on the analysis of the system, a mathematical model is proposed that will determine the level of collective risk for people in the zone of potential negative consequences of a possible fire, based on available parameters. This will increase the effectiveness of the supervisory departments, and, most importantly, the safety level of the automobile gas filling stations.

*Keywords:* federal state fire supervision, risk-oriented approach, system analysis, planning of supervision activities, automobile gas stations, risk assessment.

Риск-ориентированный подход представляет собой метод осуществления контрольно-надзорной деятельности, при котором выбор периодичности проведения мероприятий по контролю определяется отношением деятельности объектов к определенной категории риска. Категорирование по степени риска таких производственных объектов транспортной инфраструктуры, как автомобильные газозаправочные станции (далее – АГЗС), регламентировано Положением о федеральном государственном пожарном надзоре (далее – ФГПН) [1].

Анализ системы категорирования АГЗС по степени риска позволяет выделить следующие элементы: субъект управления- управляющим органом является отдел надзорной деятельности; объект управления – АГЗС, входные параметры – показатели, влияющие на уровень опасности АГЗС, выход– числовой показатель категории риска. Основным процессом системы категорирования АГЗС по степени риска является определение категории риска АГЗС исходя из вероятности и тяжести потенциальных негативных последствий возможного пожара [2].

В настоящее время категория риска АГЗС определяется по признакам, не учитывающим вероятность и тяжесть причинения вреда, т.к. отнесены к определенной категории риска, по признакам, определяющим опасный производственный объект, соответственно: в зависимости от рабочего давления и объема ёмкости для хранения и использования опасного вещества.

Таким образом, категория риска АГЗС определяется условным, а не расчетным методом. Законодательство предусматривает [3] отнесение производственных объектов к определенной категории риска проведением расчета значений показателей, используемых для

оценки вероятности и тяжести потенциальных негативных последствий возможного негативного сценария, при этом методика такого расчета должна утверждаться федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в соответствующей сфере деятельности, в нашем случае МЧС России.

Однако методика определения расчетных величин пожарного риска, утвержденная МЧС России, в отношении производственных объектов [4], в целях категорирования таких производственных объектов, как АГЗС не применима по следующим причинам:

значение некоторых параметров, применяемых в расчетах по оценке пожарного риска, неизвестно без проведения проверки объекта защиты;

требуются значительные затраты времени и ресурсов для проведения проверок расчетов по оценке пожарного риска, связанных с трудоемкостью и большим объемом вычислений.

Использование расчетов по оценке рисков, приведенных в декларациях и паспортах безопасности опасных производственных объектов также не применимо, т.к. такие расчеты имеют субъективную составляющую, преследующую подгонку под необходимый результат.

В связи с этим предлагается разработка математической модели для расчетного экспресс-метода определения категории риска АГЗС, которая определит степень опасности объекта в зависимости от уровня риска для людей, находящихся в зоне потенциальных негативных последствий возможного пожара.

В процессе категорирования АГЗС по степени риска с позиции исследования операций потребовалось разработать математическую модель, которая определяла коллективный риск АГЗС исходя из доступных параметров. Показателем исхода операции является числовое значение степени коллективного риска.

Исходя из цели исследования, представляется, что:

1) в модели должны использоваться только достоверные факторы, известные без проведения проверки на объекте;

2) для достижения целей риск-ориентированного подхода и учитывая ограниченность трудовых и временных ресурсов, методика расчета не должна быть трудоемкой и иметь минимальный набор расчетных параметров;

Для количественной оценки риска применяется математический аппарат теории вероятностей [5].

Такие вероятностные события  $A$ , как пожар и пострадавшие в результате воздействия опасных факторов пожара на АГЗС, являются независимыми. По теореме умножения совместных и независимых событий, риск (вероятность) совместного проявления таких событий:

$$P_{A_1, A_2, \dots, A_m} = \prod_{i=1}^m [R(A_i)] \quad (1)$$

Риск  $R$  для двух событий: пожар  $A_1$  и пострадавшие  $A_2$  при пожаре:

$$R = R(A_1)R(A_2) \quad (2)$$

Риск  $R(A_1)=R_1$  пожара на АГЗС можно выразить через классическое определение вероятности события: отношением количества случившихся пожаров  $n$  на АГЗС на определенной территории, к общему числу  $N$  АГЗС, находящихся на этой территории за определенный период времени  $t$ :

$$R_1 = \frac{n}{tN} \quad (3)$$

Риск  $R_2$  – вероятность пострадать от пожара на АГЗС может быть выражена как математическое ожидание случайной величины: как произведение вероятности пожара с пострадавшими  $R_{nn}$ , на величину ожидаемых последствий – возможных пострадавших от ОФП при пожаре на АГЗС  $N_{nn}$  :

$$R_2 = R_{mo} = R_{nn}N_{nn} \quad (4)$$

При этом риск  $R_{nn}$  пострадать человеку от пожара на АГЗС выражаем также через классическое определение вероятности события: отношением статистики количества пострадавших от пожаров  $n_n$  на АГЗС, к общему числу  $N_n$  рискующих:

$$R_{nn} = \frac{n_n}{tN_n} \quad (5)$$

Таким образом, рассмотрев системный процесс категорирования АГЗС по степени риска с позиции исследования операций, нами разработана математическая модель определения коллективного пожарного риска АГЗС:

$$R_{kn} = \frac{n}{tN} \left( \frac{n_n}{tN_n} N_{nn} \right) , \quad (6)$$

где

$n$  – количество произошедших аварий на АГЗС, связанных пожарами, статистические данные;

$N$  – число АГЗС в стране;

$t$  – наблюдаемый (анализируемый) период,

$n_n$  – число пострадавших (погибших и травмированных) на пожарах, случившихся на АГЗС в стране;

$t$  – наблюдаемый (анализируемый) период,

$N_n$  – число людей, подверженных опасности в стране,

$N_{nn}$  – количество возможных пострадавших, находящихся в зоне санитарных потерь при пожаре на АГЗС.

Математическая модель разработана на основе принятых научных определений теории вероятностей и учитывает требования действующего законодательства Российской Федерации в части категорирования объектов в целях определения интенсивности контрольно-надзорной деятельности в зависимости от вероятности и тяжести потенциальных негативных последствий для людей от возможного пожара.

Внедрение расчетного метода при применении риск-ориентированного подхода позволит повысить эффективность ФГПН и уровень безопасности АГЗС.

#### Список литературы

1. Положение о федеральном государственном пожарном надзоре, утв. постановлением Правительства РФ от 12 апреля 2012г. N 290 // Система ГАРАНТ: [http://base.garant.ru/70161266/#block\\_77#ixzz4uBzRubjd](http://base.garant.ru/70161266/#block_77#ixzz4uBzRubjd) (Дата обращения: 20.09.2017).

2. Постановление Правительства РФ от 17 августа 2016 г. N 806 "О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации" // Система ГАРАНТ: <http://base.garant.ru/71473944/#ixzz4uBjuHjak> (Дата обращения: 20.09.2017).

3. Федеральный закон от 26.12.2008 N 294-ФЗ (ред. от 01.05.2017) "О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственно-

го контроля (надзора) и муниципального контроля"//[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_83079/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_83079/) (Дата обращения: 20.09.2017).

4. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. N 404 "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах" // Система ГАРАНТ:<http://base.garant.ru/196118/#ixzz4vm6lTFtK>(Дата обращения: 20.09.2017).

5. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учеб. пособ. для студентов вузов. 5-е изд., стер. М.: Высш. шк.. 1999. 400 с.

УДК 623.437.3.093; 629.03; 629.36

## **МЕХАНИЗМ ПОВОРОТА С НЕЛИНЕЙНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ ДЛЯ ПОЖАРНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН**

*Медведев Максим Сергеевич – аспирант*

*ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт энергетики и транспортных систем, кафедра инжиниринга силовых установок и транспортных средств*

*195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, mms\_58@mail.ru*

*Добрецов Роман Юрьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент*

*ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт энергетики и транспортных систем, кафедра инжиниринга силовых установок и транспортных средств*

*195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, dr-idpo@yandex.ru*

*Аннотация. Рассмотрено применение механизма поворота с нелинейной характеристикой. Объект исследования – быстроходная гусеничная машина с центральной коробкой передач. Цель работы – улучшение подвижности пожарных и специальных транспортных гусеничных машин за счет совершенствования конструкции механизмов поворота. В качестве примера приведена кинематическая схема предлагаемого механизма и результаты выполненных для нее основных расчетов кинематики поворота.*

*Ключевые слова: поворот гусеничной машины, система управления движением, двухпоточный гиперболический механизм поворота, расчетный (фиксированный) радиус, устойчивость движения.*

## **THE STEERING MECHANISM WITH NONLINEAR CHARACTERISTICS FOR FIREFIGHTERS AND SPECIAL TRACKED VEHICLES**

*Medvedev Maxim S. – Post graduate student, Peter the Great St. Petersburg Politechnic University, Engines, Automobiles and Tracked Vehicles Department*

*Polytechnicheskaya str., 29, St. Petersburg, 195251, Russian Federation, mms\_58@mail.ru*

*Dobretsov Roman Yu. – PhD in technical sciences, associate professor, Peter the Great St. Petersburg Politechnic University, Engines, Automobiles and Tracked Vehicles Department*

*Polytechnicheskaya str., 29, St. Petersburg, 195251, Russian Federation,  
dr-idpo@yandex.ru*

*Abstract. Proposed the steering mechanism with a nonlinear characteristic. The research object is a high-speed tracked vehicle with a central gearbox. Purpose is a improve the mobility of fire and special tracked vehicles by improving the design of the steering mechanism. In an example of the kinematic scheme of the new mechanism and the results of completed her basic calculations of the kinematics of turn.*

*Keywords: tracked vehicle steering, the motion control system, cross-drive hyperbolic steering mechanism, radius of turn, stability of motion.*

Транспортные гусеничные машины характеризуются относительно высокими скоростями движения как на дорогах, так и в условиях неподготовленной местности. Шасси однозвенных гусеничных транспортеров используется, как основа, при конструировании пожарных машин, болотоходной техники, технологических платформ для ремонта и обслуживания скважин в нефтегазовом комплексе и др. Например, на базе шасси ТТМ-3902ГР выпускается пожарная машина ТТМ-3902ПЖ с порошковой установкой пожаротушения УПТ-600, мобильная буровая установка ТТМ-3902БК, передвижные ремонтные станции для нефте- и газопроводов и др. [1]. Характерной особенностью таких машин является применение центральных вальных коробок передач и бортовых механизмов поворота.

Для пожарных машин критически важно обеспечить высокую подвижность во всем диапазоне условий эксплуатации. Важным показателем подвижности является средняя скорость движения, значение которой ограничено, в том числе, и характеристиками механизма поворота. На серийно выпускаемых шасси пожарных и транспортных гусеничных машин используются механизмы поворота с линейной зависимостью значения расчетного радиуса поворота от скорости движения. Диапазон расчетных радиусов равен диапазону коробки передач. Данное ограничение не удовлетворяет условиям устойчивости, маневренности и безопасности при управлении гусеничными машинами. Представляет интерес поиск технических решений, позволяющих реализовать нелинейную (в идеале – параболическую) зависимость расчетного радиуса от скорости движения, что позволит приблизиться к кривой частичного заноса.

Для получения семейства механизмов с нелинейной характеристикой предлагается взять за основу трансмиссию с центральной коробкой передач (тип коробки передач неважен, в общем случае допустимо применение вариатора, гидростатической или гидродинамической передачи), перейти к принципу двухпоточной трансмиссии с дифференциальным механизмом передачи и поворота МПП (какое устройство будет использовано как трансформатор крутящего момента в параллельной ветви – в общем случае не важно), организовав привод параллельной ветви с помощью планетарного ряда [2,3].

На рис. 1 показана структура такого привода и план скоростей этого механизма:  $0$  и  $x$  – входное и выходное звенья коробки передач,  $\alpha$  – ведущее звено параллельной ветви;  $k_d$  – кинематический параметр ряда;  $\omega_0, x, \alpha$  – угловые скорости звеньев.



*Рисунок 1 – Схема дифференциала привода ветви механизма поворота и вид плана угловых скоростей такого дифференциала*

Следует подчеркнуть, что отбор мощности на водило механизма может быть реализован от любого (за исключением  $x$ ) звена, угловая скорость которого линейно зависит от скорости входного звена коробки передач. Следовательно, можно построить описываемый механизм поворота в случае вальной коробки передач, подведя на водило мощность от удобного с точки зрения компоновки промежуточного вала коробки. Единственным существенным ограничением является необходимость расположить коробку передач в непосредственной близости от валов, идущих к бортовым передачам.

На рис. 2 показана обобщенная схема трансмиссии [4] с фрикционным механизмом в параллельной ветви. Трансмиссия с «нелинейным» механизмом поворота может быть получена путем внедрения в точке разделения ветвей  $x$  и  $m$  (рис. 2) приводного ряда (рис. 1).

Для осуществления прямолинейного движения в данной структуре требуется затормозить солнечные шестерки суммирующих рядов. Поток мощности от двигателя разветвляется на ветвь коробки передач  $x$  и ветвь поворота  $m$ , потоки мощности суммируются перед ведущими колесами.

Величина передаточного отношения  $u_{\text{бр}}$  бортовых редукторов 5 и 6 не влияет на передаточное отношение механизма поворота  $u = \omega_2 / \omega_1$ . В качестве ведомых звеньев бортов 1 и 2 приняты ведущие звенья бортовых редукторов. Эти звенья - водила суммирующих планетарных механизмов  $1 \frac{A}{X}$  и  $2 \frac{B}{X}$ .  $X$  – выходное звено коробки передач. Звенья  $A$  и  $B$  связаны через паразитную шестерню:  $u_{AB} = (-1)$ .

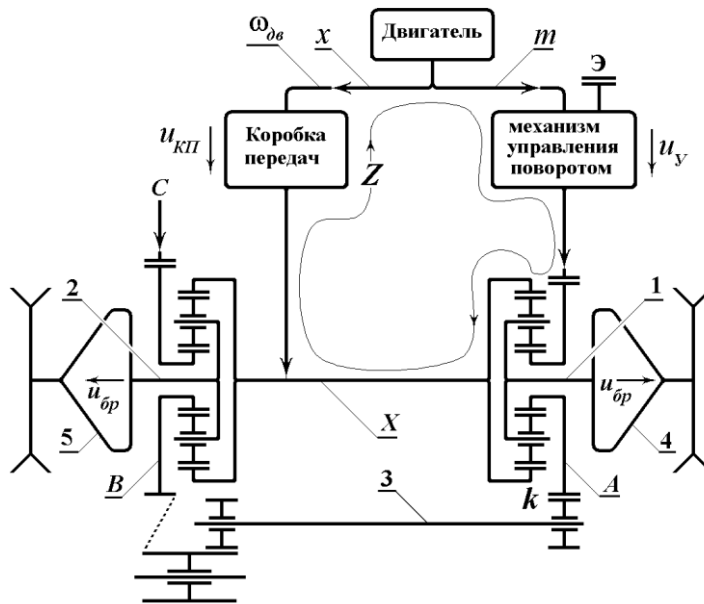


Рисунок 2 – Обобщенная схема двухпоточного дифференциального МПП [4]

Элемент управления Э влияет на скорость вращения ветви механизма поворота, которое приводит в движение звено  $A$ . Элемент управления второго борта либо вращает звено  $A$  в обратном направлении, либо приводит в движение звено  $B$  по стрелке  $C$ . Параметр  $k = u_{AX}^1 = u_{BX}^2$  характеризует суммирующие планетарные ряды. Передаточные отношения коробки передач и элемента управления при полном включении известны  $u_{\text{КП}}$  и  $u_{\text{УФ}}$ . При буксующем элементе управления передаточное число  $u_{\text{У}}$  будет динамически изменяться.

Для такой трансмиссии передаточное отношение механизма поворота определяется выражением  $u = \frac{u_{\text{У}} k u_{\text{КП}}^{-1} - t}{u_{\text{У}} k u_{\text{КП}}^{-1} + t}$ , где  $t = [u_{\text{КП}}^{-1} - (1 - k_d)] / k_d$  [2]. В частном случае при  $t=1$ , (что соответствует схеме на рис. 2), получим выражение, приведенное в работе [4].

На рис. 3 приведена кинематическая схема механизма, разработанная в соответствии с описанными принципами. В данной схеме второй поток мощности передается с выходного вала двигателя с передаточным отношением не равным 1. Примем за основу, что на суммирующем ряду  $k=(-3)$ , на планетарном ряду второго потока мощности  $k_1 = (-2)$ .



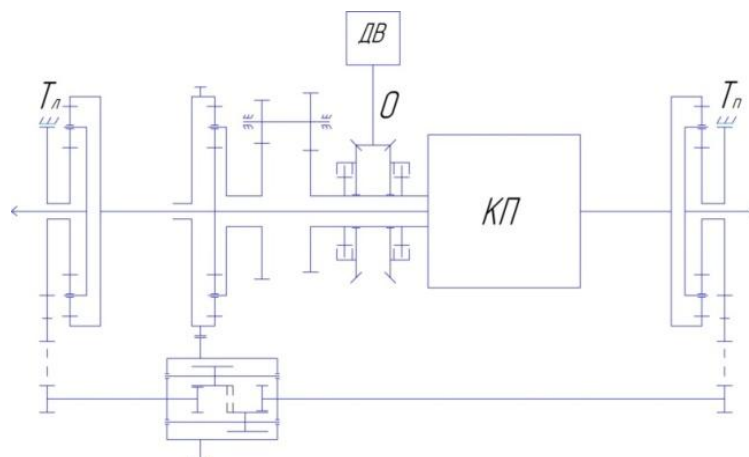


Рисунок 3 – Кинематическая схема предлагаемого дифференциального МПП

Допустим, что поворот осуществляется направо. В этой ситуации будет включен тормоз  $T_n$ . Если обозначить угловую скорость вала параллельной ветви на этом режиме  $\omega_\beta$  и воспользоваться уравнением кинематики простого планетарного механизма, получи зависимость, позволяющую определить относительный расчетный радиус поворота машины:

$$\rho^* = (1 - k\omega_x / \omega_\beta) / 2.$$

В таблице 1 приведены результаты расчетов относительного расчетного радиуса для двухпоточного механизма до модификации ( $\rho$ ) и после нее ( $\rho^*$ ).

Таблица 1 – Значение относительного расчетного радиуса поворота по передачам для МПП по рис. 3

№	$u_{КП}$	$\omega_x$	$\rho$	$\rho^*$
1	8	0,125	2,5	0,87
2	4,5	0,222	4,44	1,23
3	2,8	0,357	7,14	1,87
4	1,6	0,625	12,5	4,16
5	1,0	1	20	20

Таким образом, предлагаемая схема механизма поворота. обеспечивает поворот гусеничной машины по гиперболе, близкой к параболе, что положительно сказывается на маневренности и управлении гусеничной машины.

#### Список литературы

1. Веселов Н.Б. Вездеходные транспортно-технологические машины. Конструкции. Конструирование и расчет: монография. Нижний Новгород: РИ «Бегемот». 2010. 320 с.
2. О выборе рациональной схемы отбора мощности в двухпоточной трансмиссии транспортной гусеничной машины / Демидов Н.Н. [и др.] // Актуальные проблемы защиты и безопасности. Бронетанковая техника и вооружение: материалы XII научно-практической конференции. Том 3 / под ред. В.А. Петрова, М.В. Сильникова, А.М. Сазыкина. М.: Издание ФГБУ Российская академия ракетных и артиллерийских наук. 2014. 278 с. С.111-116.
3. А. С. СССР № 521174 «Механизм поворота гусеничной машины» В.З. Изотов, В.А. Пятков, В.С. Старовойтов, А.А. Суслов, опубликовано 15.07.1976.
4. Шеломов В.Б. Теория движения многоцелевых гусеничных и колесных машин. Тяговый расчет криволинейного движения: учебное пособие / В.Б. Шеломов; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та. 2013. 90 с.

## ОБЗОР КРИТЕРИЕВ ИЗМЕРЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОНФЛИКТА

**Бондар Александр Иванович** – кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника

Северо-Западный региональный центр МЧС России

195197, Россия, Санкт-Петербург, проспект Металлистов, д. 119, szrcmchs@mail.ru

**Кураков Андрей Валерьевич** – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13

**Селиверстов Святослав Александрович** – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, seliverstov\_s\_a@mail.ru

Аннотация. Выполнен анализ развития методов исследования транспортных конфликтов, позволяющих отслеживать, выявлять и классифицировать транспортные конфликты, и представлен обзор мер измерения транспортных конфликтов на основе времени до столкновения.

Ключевые слова: транспортный конфликт, транспортная система, транспортные сети, методы организации.

## REVIEW OF CRITERIA FOR MEASUREMENT OF TRAFFIC CONFLICT

*Bondar Aleksandr Iv. – PhD, associate Professor, Deputy head of the northwestern regional center of EMERCOM of Russia*

*Metallistov prospekt, 119, St. Petersburg, 195197, Russian Federation, szrcmchs@mail.ru*

*Kurakov Andrey V. – PhD, Senior Researcher of the Laboratory of Intelligent Transport Systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Seliverstov Svyatoslav – PhD, Researcher of the Laboratory of Intelligent Transport Systems*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, seliverstov\_s\_a@mail.ru*

Abstract. The analysis of the development of methods for the study of traffic conflicts, allowing to monitor, identify and classify traffic conflicts, and provides an overview of measures for measuring traffic conflicts based on the time before the collision..

Keywords: traffic conflict, transport system, transport networks, methods of organization.

Введение. Изменения социально-экономических процессов в мегаполисах, в том числе повышение численности населения, личного дохода жителей и качества жизни, стали причиной повышения потребности жителей мегаполиса в качественных передвижениях, а так же увеличения количества транспортных средств, что привело к снижению пропускных способностей городских транспортных сетей, а следовательно увеличению временных затрат, связанных с передвижениями и ухудшению экологической ситуации в мегаполисе [1,2]. Ядро вышеописанных негативных факторов составляют проблемы связанные с возникновением транспортных конфликтов, критериям, измерения которых и посвящена эта работа.

Основная часть. Первые методы исследования безопасности дорожного движения включали простые техники наблюдения таких дорожных транспортных ситуаций как «неустойчивое вождение», «опасные маневры» и «опасные сближения» [3].

Данные техники впервые были формализованы в работе [4], при исследовании опасных сближений между транспортными средствами, которые потенциально могут привести к дорожно-транспортному происшествию (ДТП). Позднее в работе [5], были выявлены связи между поведением транспортного средства и потенциальной опасностью возникновения аварии. В [3] была предпринята попытка сделать запись «опасных сближений» между транспортными средствами, последние описаны как транспортные конфликты (ТК).

Позднее в [6] было установлено, что большинство водителей реагируют на потенциальные конфликтные ситуации действием торможения или уклонением. По существу эти ТК определялись выполнением вынужденных маневров транспортного средства (торможение, уклон, поворот, ускорение), позволяющих избежать ДТП или нарушение правил дорожного движения.

Таким образом, понятие ТК определили как любую потенциально аварийную ситуацию, приводящую к совершению маневров уклонения, таких как торможение или сворачивание и подразделили ТК на две категории:

- 1) неожиданные действия участников дорожного движения, совершаемые чтобы избежать столкновения;
- 2) нарушение правил дорожного движения.

Объективным индикатором ТК был световой сигнал торможения или изменение полосы движения, произведенный «конфликтующим» транспортным средством. Данная техника исследования ТК [6] получила название «техника Джeneral Моторс».

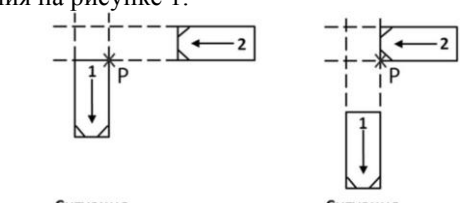
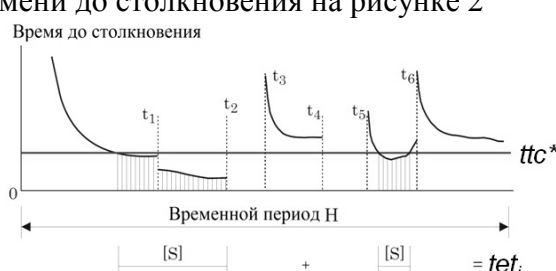
Серьезное продолжение получили так же работы в области меры измерения степени тяжести ТК, в основе которых был положен параметр *времени до столкновения*.

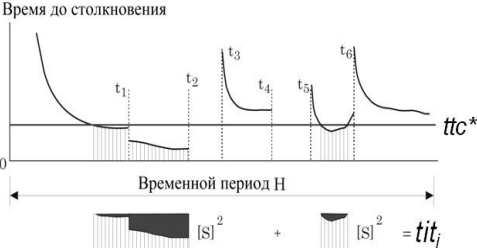
Наиболее известные меры, определяющие временной характер транспортного конфликта представлены в таблице 1.

Данные меры позволяют отслеживать и классифицировать транспортные конфликты, природа которых рассматривается под призмой человеческого фактора и транспортного поведения водителей в различных условиях движения, преимущественно с позиции безопасности дорожного движения.

Таблица 1 – Меры критериев транспортного конфликта

	Описание		Исследовано в работах
Критерий	Определение	Пояснение	
Время столкновения Time to Collision ( <i>ttc</i> )	Время необходимое для двух транспортных средств, чтобы столкнуться, если они продолжали следовать без изменения скорости движения и траектории.	$ttc_{i,t} = \frac{(X_{i-1,t} - X_{i,t}) - L_{i-1,t}}{V_{i,t} - V_{i-1,t}}$ где $t$ – временной интервал; $X$ – позиционирование транспортных средств ( $i$ – следующее транспортное средство; $i-1$ – транспортное средство движущееся впереди $i-20$ ); $L$ – длина транспортного средства; $V$ – скорость транспортного средства.	[3]
Время до аварии Time-to-Accident ( <i>tta</i> )	Время начала маневра уклонения от аварии одного из участников дорожного движения при условии, ее неизбежности, в случае, если транспортные средства продолжают следовать без изменения скорости движения и траектории.	$tta = \frac{S_{zc}}{V_a}$ где $S_{zc}$ – расстояние до зоны конфликта; $V_a$ – скорость движения транспортного средства, при которой, существует неизбежность аварийного исхода.	[7,8]

<p>Время нарушения Encroachment Time</p>	<p>Продолжительность времени, в течение которого транспортное средство выполняющее маневр поворота ущемляет право преимущественного проезда транспортных средств, движущихся в прямом (сквозном) направлении.</p>	$t_{et} = t_{ex} - t_{in} = \frac{L_{trc}}{v_{trc}}$ <p>где <math>t_{et}</math> – время нарушения; <math>t_{ex}</math> – время выхода из зоны конфликта; <math>t_{in}</math> – время входа в зону конфликта; <math>L_{trc}</math> – длина траектории движения транспортного средства в зоне конфликта; <math>v_{trc}</math> – скорость движения транспортного средства по траектории <math>L_{trc}</math>.</p>	<p>[3]</p>
<p>Время после нарушения Post-Encroachment Time (<math>pet</math>)</p>	<p>Время между моментом, когда первый участник дорожного движения уходит с курса второго в тот момент, когда второй участник дорожного движения достигает курса первого.</p>	$pet = t_2 - t_1$ <p>Проиллюстрируем определение меры время после нарушения на рисунке 1.</p>  <p>Ситуация в момент времени <math>t_1</math>      Ситуация в момент времени <math>t_2</math></p> <p>Рисунок 1 – Время после нарушения</p>	<p>[9]</p>
<p>Воздействие времени до столкновения Time Exposed Time-to-collision (<math>tet</math>)</p>	<p>Мера продолжительности воздействия времени до столкновения, ниже обозначенного порогового значения времени до столкновения.</p>	$tet_i^* = \sum_{t=0}^T \delta_i(t) \tau_{sc}$ $\delta_i(t) = \begin{cases} 1 & \forall 0 \leq ttc_i(t) \leq ttc^* \\ 0 & \end{cases}$ <p>где: <math>tet_i^*</math> – значение показателя <math>tet</math> для <math>i</math>-го транспортного средства; <math>\delta_i(t)</math> – интервалы времени для <math>i</math>-го транспортного средства в течение которых значение <math>ttc</math> ниже порогового значения;</p> <p><math>T = \frac{H}{\tau_{sc}}</math> – общее количество наблюдаемых временных интервалов; <math>H</math> – общее время в течение которого рассматривается исследование; <math>\tau_{sc}</math> – длительность временного интервала [с], для определения постоянного значения <math>ttc</math> (например 0,1с).</p> <p>Проиллюстрируем определение воздействие времени до столкновения на рисунке 2</p>  <p>Рисунок 2 – Воздействие времени до столкновения</p>	<p>[7]</p>
<p>Интегрированное время до столкновения Time Integrated Time-to-collision</p>	<p>Представляет собой интеграл от времени до столкновения при ее максимальном пороговом значении (т.е. разность реального <math>ttc</math> от порогового значения <math>ttc</math>, умноженную на временной интервал).</p>	$tit_i^* = \sum_{i=1}^N \int_0^T [ttc^* - ttc_i(t)] dt \quad \forall 0 \leq ttc_i(t) \leq ttc^*$ <p>Где <math>tit_i^*</math> – значение показателя интегрированного время до столкновения (<math>tit</math>) для <math>i</math>-го транспортного средства; <math>ttc</math> – пороговое (критическое) значение <math>ttc</math>.</p> <p>Проиллюстрируем определение интегрирован-</p>	<p>[10, 7]</p>

(tit)		<p>ного время до столкновения на рисунке 3.</p>  <p>Рисунок 3 – Интегрированное время до столкновения</p>	
<p>Время захвата конфликтного участка дороги</p> <p>Initially Attempted Post-Encroachment Time</p>	<p>Промежуток времени между началом захвата конфликтного участка дороги, транспортным средством при повороте плюс время ожидания для транспортного средства, движущегося в прямом направлении к точки столкновения и время которое требуется для выхода из зоны конфликта поворачивающего транспортного средства.</p>	[10, 8]	
<p>Промежуточное время</p> <p>Gap Time</p>	<p>Промежуток времени между завершением времени захвата конфликтного участка дороги, произведенного участником дорожного движения I при повороте и временем прибытия участника дорожного движения II пересекающего траекторию движения участника дорожного движения I, если они продолжают движение без изменения скорости и траектории.</p>	[10, 8]	
<p>Время приближения к полосе «зебра»</p> <p>Time-to-Zebra (ttz)</p>	<p>Время, которое требуется транспортному средству, чтобы достичь пешеходного перехода или время потенциального столкновения транспортного средства с пешеходом на пешеходном пересечении.</p>	[7, 10]	

### Список литературы

1. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Обзор показателей транспортной обеспеченности мегаполиса. Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5 (52). С. 237-247.
2. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Разработка показателей интегрального развития транспортной системы мегаполиса. Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7. № 5 (30). С. 156.
3. Williams M.J. Validity of the traffic conflicts technique /M. J. Williams // Accid. Anal. & Prec. Vol. 13, pp. 133-145. 1981.
4. McFarland R.A. Human Factors in Highway Transport Safety. / R. McFarland, A.L. Moseley // Harvard School of Public Health. Boston. Mass., 1954.
5. Forbes, T.W. Analysis of near-accident reports. HRB Bull. 152 /T. W. Forbes // Transportation Res. Bd.. 23-35. 1957.
6. Perkins S.R. and Harris, J.L. Criteria for traffic conflict characteristics signalized intersection / S.R. Perkins J.L. Harris / Rep№ GMR – 632. General Motors Corporation, Warren, Michigan. 1967. 22 p.
7. Cunto F.J.C. Assessing Safety Performance of Transportation Systems using Microscopic Simulation / F.J.C. Cunto. Waterloo, Ontario, Canada, 2008. 190 p.
8. FHWA. (2003) Surrogate Safety Measures from Traffic Simulation Models, Final Report, Publication No FHWA-RD-03-050, Federal Highway Administration, USA.
9. Kraay J.H. Proceedings of the third international workshop on traffic conflicts techniques, organised by the international committee on traffic conflicts techniques ICTCT , Leidschendam, The Netherlands /J.H. Kraay. Institute for Road Safety Research SWOV, The Netherlands. April 1982, 98 p.

10. Archer J. Indicators for traffic safety assessment and prediction and their application in micro-simulation modelling: A study of urban and suburban intersections. Doctoral Dissertation Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden 2005. 273 p.

УДК 621.39, 629, 654, 004.89, 510.67.

## **ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА В МЕГАПОЛИСЕ**

**Селиверстов Святослав Александрович** – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, seliverstov\_s\_a@mail.ru

**Селиверстов Ярослав Александрович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, maxwell\_8-8@mail.ru

**Лукомская Ольга Юрьевна** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, luol@mail.ru

Аннотация. Обосновывается актуальность разработки подхода, обеспечивающего интеллектуальное развитие транспортной системы мегаполиса. Производится анализ подходов развития современного мегаполиса с учетом развития его функциональной среды и транспортной системы. На логико-алгоритмическом языке осуществляется формальная разработка интеллектуальной системы развития транспортной системы мегаполиса. На логико-алгоритмическом языке представлено описание, процесс синтеза и функционирование основных блоков системы, включающей: блок систему, селекционный фильтр, комбинаторный расширитель индикаторных связей и реляционный регулятор согласования.

Ключевые слова: интеллектуализация, интеллектуальная транспортная система, транспортные сети, организация, развитие.

## **FORMALIZATION OF INTELLIGENT MANAGEMENT SYSTEM OF TRANSPORT DEVELOPMENT PROCESSES IN MEGALOPOLIS**

**Seliverstov Svyatoslav** – PhD, Researcher of the Laboratory of Intelligent Transport Systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, seliverstov\_s\_a@mail.ru

**Seliverstov Yaroslav** – PhD, Senior Researcher of the Laboratory of Intelligent Transport Systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, maxwell\_8-8@mail.ru

**Lukomskaya Ol'ga Yur'yevna** – PhD, Leading Researcher of the Laboratory of Intelligent Transport Systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, luol@mail.ru

Abstract. The urgency of development of the approach providing intellectual development of a megacity transport system is grounded. An analysis is made of the approaches to the development

of a modern metropolis, taking into account the development of its functional environment and the transport system. In the logical-algorithmic language, a formal development of the intellectual system for the development of the megapolis transport system is carried out. The logical-algorithmic language describes the process, synthesis and operation of the main blocks of the system, including: a block system, a selection filter, a combinatorial expander of indicator links, and a relational matching controller.

**Keywords:** intellectualization, intelligent transport system, transport networks, organization, development.

**Введение.** Производительность социально-экономических процессов в мегаполисе зависят от эффективности функционирования его транспортной системы [1,2]. Основу передовых тенденций развития транспортной системы мегаполиса составляет ее всесторонняя интеллектуализация [3]. Однако проблемы построения систем интеллектуального развития ТСМ лишь недавно вошли в сферу научных интересов исследователей. Развитию этого вопроса и посвящена работа.

**Формализация внешней структуры.** Разработку интеллектуальной системы развития транспортной системы мегаполиса (ИСРТСМ) уместно начать с логико-алгебраического описания ее внешней структуры ( $\Theta$ ), включающей подсистемы: пользователь – [U], мегаполис – [M], транспорт – [T], функционал управления – [Ф] и реляционный регулятор согласования – [Σ]. Формально ИСРТСМ зададим выражением (1) и графически представим на рис.1.

Где подсистема  $[\Phi] = (f_\mu, f_r, f_\rho, f_k)$  включает операторы: измерения –  $f_\mu$ , регулирования –  $f_r$ , планирования –  $f_\rho$  и контроля –  $f_k$ ;  $I_{[U]}$ ,  $I_{[M]}$ ,  $I_{[T]}$ ,  $I_{[\Phi]}$ , — множество индикаторов развития подсистем пользователь, мегаполис, транспорт и функционала управления соответственно;  $EV^U$  – полюс развития подсистемы пользователь;  $EV^M$  – полюс развития подсистемы мегаполис;  $EV^T$  – полюс развития подсистемы транспорт;  $EV^\Phi$  – полюс развития подсистемы функционала управления

$$\Theta \ni \left\{ \begin{array}{l} \left\langle \begin{array}{l} [U] \\ [M] \\ [T] \end{array} \right\rangle : [M] \ni ([T] \ni [U]) \\ [\Sigma]_{[\Phi]} \left\langle \begin{array}{l} U \\ EV \end{array} \right\rangle \wedge \left\langle \begin{array}{l} M \\ EV \end{array} \right\rangle \wedge \left\langle \begin{array}{l} T \\ EV \end{array} \right\rangle \wedge \left\langle \begin{array}{l} \Phi \\ EV \end{array} \right\rangle \\ \left\langle \begin{array}{l} U \\ EV \end{array} \right\rangle \nabla I_{[U]} : \left\langle \begin{array}{l} M \\ EV \end{array} \right\rangle \nabla I_{[M]} : \left\langle \begin{array}{l} T \\ EV \end{array} \right\rangle \nabla I_{[T]} : \left\langle \begin{array}{l} \Phi \\ EV \end{array} \right\rangle \nabla I_{[\Phi]} \\ \left\langle \begin{array}{l} \Phi \\ EV \end{array} \right\rangle \nabla \left( \left\langle \begin{array}{l} U \\ EV \end{array} \right\rangle \wedge \left\langle \begin{array}{l} M \\ EV \end{array} \right\rangle \wedge \left\langle \begin{array}{l} T \\ EV \end{array} \right\rangle \right) \end{array} \right. \quad (1)$$

Перспективу развития при этом определяют интегральные индикаторные множества  $I_{[U]}$ ,  $I_{[M]}$ ,  $I_{[T]}$ ,  $I_{[\Phi]}$  соответствующей пары "СИСТЕМА" → "ПОЛЮС".

Формально процесс развития ИСОРТСМ интерпретируется (2).

$$\Theta \xrightarrow{[\Sigma],[\Phi]} EV \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U \xrightarrow{I_{[U]}^U} EV \\ M \xrightarrow{I_{[M]}^M} EV \\ T \xrightarrow{I_{[T]}^T} EV \\ \Phi \xrightarrow{I_{[\Phi]}^\Phi} EV \end{array} \right.$$

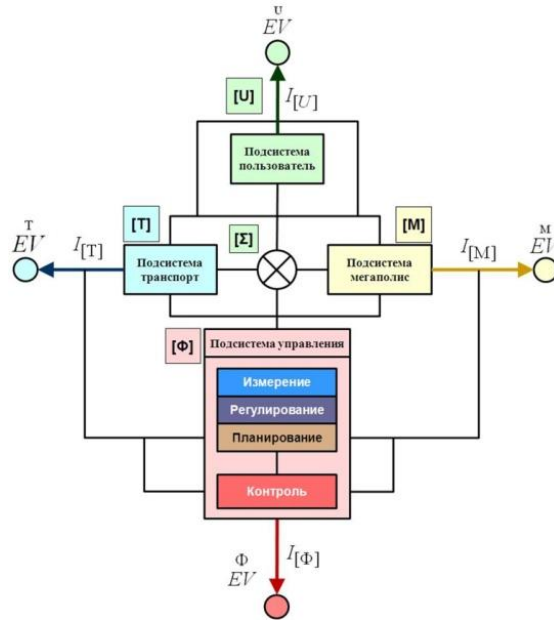


Рисунок 1 – Структурная схема ИСРТСМ

Стрелки, исходящие из СРРС и пересекающие системы ИСОПТСМ [U], [M], [T], [Φ] в направлении соответствующих полюсов  $-EV$ ,  $EV$ ,  $EV$ ,  $EV$ , означают рациональный непрерывный процесс развития элементов системы.

Формализация внутренней структуры. Внутренняя структура ИСРТСМ состоит из следующих элементов: селекционный фильтр – Y, блок система – S, блок анализа – A, индикаторное множество показателей эффективности системы – I и комбинаторный расширитель индикаторных связей – ξ (КРИС). Данную конструкцию будем называть – реляционный фильтр селективного анализа индикаторного комбинаторного расширения связей (РЕФ).

Таким образом, РЕФ является структурной базовой единицей внутренней структуры подсистем ИСРТСМ. Формально РЕФ можно интерпретировать выражением (3).

$$P \in \langle Y, S, A, I, \xi \rangle \quad (3)$$

Таким образом, организация внутренней структуры ИСРТСМ (Θ) представляется совокупностью четырех блоков РЕФ, то есть: РЕФ пользователь  $P^{[U]}$ , РЕФ мегаполис  $P^{[M]}$ , РЕФ транспортные средства  $P^{[V]}$ , РЕФ транспортные коммуникации  $P^{[C]}$ . Центром ИСРТСМ является РРС [Σ].

Формально внутреннюю структуру ИСРТСМ зададим выражением (4).

$$\Theta_{in} \in \begin{cases} P^{[U]} \in \langle Y_U, S_U, A_U, I_U, \xi_U \rangle \\ P^{[C]} \in \langle Y_C, S_C, A_C, I_C, \xi_C \rangle \\ P^{[M]} \in \langle Y_M, S_M, A_M, I_M, \xi_M \rangle, \\ P^{[V]} \in \langle Y_V, S_V, A_V, I_V, \xi_V \rangle \\ [\Sigma] \\ [\Phi] \end{cases} \quad (4)$$

где нижние индексы U, C, M, V обозначают принадлежность к подсистемам пользователь, транспортные коммуникации, мегаполис и транспортные средства соответственно.

Блок система (S) производит разукрупнение, и параметризацию элементов подсистем ИСРТСМ и отслеживает изменение свойств этих элементов во времени.



Блок анализа (А) производит оценку значений индикаторов внутри каждого РЕФ.

Блок интегральных индикаторов (I) содержит индикаторы эффективности блока системы S и условия, при которых последние достигают оптимального значения.

Блок КРИС реализует процесс расширения количества индикаторов индикаторного множества, совершенствование блока анализа и осуществляет процедуру поиска показателей эффективности системы S.

Селекционный фильтр (СФ) производит отбор индикаторов элемента рассматриваемой системы S для перемещения его в реляционный регулятор согласования.

Реляционный регулятор согласования (РРС) осуществляет процесс реляционного согласования индикаторов подсистем и реализует процедуру их реляционного расширения (5).

$$f_{\Sigma} : \left( \cap_{[S_n]_{sift}^{P_n}} C^k \right) \begin{matrix} \xrightarrow{CPR} \\ \left( \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} \right) \end{matrix} [S_{\Phi}]_{perf}^{P_{\Phi}} \longrightarrow \left( \cap_{S_n} C^k \right) = \begin{cases} \emptyset \longrightarrow \left( \cap_{S_n} C^k \right) \otimes R_{S_{\wedge n}}^{\Phi} , \\ \neq \emptyset \longrightarrow \left( \cap_{S_n} C^k \right) \end{cases} \quad (5)$$

где,  $f_{\Sigma}$  – реляционный оператор согласования;  $[S_n]_{sift}^{P_n}$  – упорядоченные множества после «просеивания», содержащие элементы с параметрическим указанием свойств;  $n$  – количество подсистем,  $n=4$  (то есть подсистемы пользователь, мегаполис, транспортные средства, транспортные коммуникации);  $k$  – количество наборов подсистем подлежащих согласованию, где  $k = 2^n - 1$ ;  $[S_{\Phi}]_{perf}^{P_{\Phi}}$  – упорядоченные множества, содержащие элементы с эталонными параметрами свойств;  $\Phi$  – функционал управления сравниваемых индикаторных множеств систем (свойств систем);  $perf.$  – индекс, указывающий на эталонные значения сравниваемых индикаторов;  $\cap_{[S_n]_{sift}^{P_n}} C^k$  – сочетание упорядоченных свойств систем после «просеивания» с параметрическим указанием свойств;

$\left( \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} \right)$  – оператор сравнения;  $\otimes = \left( \begin{matrix} | \\ \cup \\ CONST \end{matrix} \right)$  – оператор

развития подсистемы пользователь, мегаполис, транспортные средства, транспортные коммуникации.

**Выводы.** Предложенная архитектура согласуется с интеллектуальными моделями систем управления городских транспортных и транспортно-логистических систем и может быть интегрирована в обобщенную систему управления мегаполисом [4]. Подобная интеграция позволит перейти к построению качественно новых и более эффективных систем интеллектуального управления устранить неопределенности процесса организации и развития городской среды.

#### Список литературы

1. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Обзор показателей транспортной обеспеченности мегаполиса. Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5 (52). С. 237-247.
2. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Разработка показателей интегрального развития транспортной системы мегаполиса. Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7. № 5 (30). С. 156.
3. Zhang Xiong, Hao Sheng, WenGe Rong, Dave E. Cooper Intelligent transportation systems for smart cities: a progress review. Science China Information Sciences. 2012, Volume 55, Issue 12, pp 2908-2914. DOI: 10.1007/s11432-012-4725-1.
4. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. О построении интеллектуальной системы организации и развития транспортной системы мегаполиса. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 2-3 (217-222). С. 139-161.

## ЛИНЕЙНЫЙ И РЕКУРСИВНЫЙ АЛГОРИТМЫ РАЗБИЕНИЯ И СТРУКТУРИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Фахми Шакиб Субхиевич** – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13

**Еид Муса Мухамед** – кандидат технических наук, доцент, кафедра информационно-измерительных систем и технологий

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

Сирийская Арабская Республика

**Костикова Елена Валентиновна** – кандидат технических наук, доцент, кафедра математического моделирования и прикладной информатики

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова

198035, Россия, Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7

**Гаврилов Игорь Авенирович** – начальник отделения

ФГУП Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем

191167, Россия, Санкт-Петербург, набережная Обводного канала, д. 29

Аннотация. Рассматриваются рекурсивный и линейный алгоритмы разбиения исходного изображения на полигоны (получения опорных точек изображения) с целью дальнейшего анализа изображения по линейной структуре данных, содержащей данные о полученных полигонах - опорных точках.

Ключевые слова: линейное кодирование, опорные точки объектов, рекурсия, разбиение.

## LINEAR AND RECURSIVE ALGORITHMS OF THE SPACE AND STRUCTURIZATION OF IMAGES

*Fahmi Shakib S. – Doctor of Technical Sciences, docent, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Eid Musa Muhamed – PhD, docent, Syrian Arab Republic*

*Saint Petersburg Electrotechnical University LETI*

*Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation*

*Kostikova Elena V. – PhD, docent, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping*

*Dvinskaya str., 5/7, St. Petersburg, 198035, Russian Federation*

*Gavrilov I. A. – Research Institute of Applied Problems*

*Obvodny Canal Emb., 29, St. Petersburg 191167, Russian Federation*

Abstract. We consider recursive and linear algorithms for dividing the original image into polygons (obtaining reference image points) for the purpose of further analysis of the image by a linear data structure containing data on the polygons obtained - reference points.

Keywords: linear coding, object reference points, recursion, partitioning.

Задачу разбиения изображения на примитивные полигоны по заданным параметрам можно считать синонимом задачи получения опорных точек (ОТ) изображения. Каждый полученный примитивный полигон по сути и является ОТ а точность описания ОТ для восстановления изображения зависит от алгоритма обработки примитивного полигона [1-3]. Наиболее очевидным способом реализации алгоритма обработки изображения с целью разбиения на полигоны по заданным параметрам является организация рекурсии [4-6]. Основными параметрами при разбиении на полигоны являются «цветовой порог» (заданное значение максимального различия цвета в обрабатываемом участке изображения) и «размер деления» (заданный минимальный размер разбиения). Согласно теореме Клини о неподвижной точке (теореме Клини о рекурсии) любой рекурсивный алгоритм можно преобразовать в линейный [7].

Рекурсивный алгоритм предполагает следующие шаги [8-10] (рис. 1):

1. Проанализировать исходное изображение точка за точкой на предмет выполнения условия конца рекурсии. В нашем случае – отклонение цвета свыше установленного порога.
2. Если превышение отклонения найдено – разбить исходное изображение согласно установленным правилам и перейти к шагу 4. В нашем случае – деление квадратного изображения на четыре равных квадрата.
3. Если отклонение не найдено занести обработанное изображение как примитивный полигон в линейную структуру данных.
4. Перейти на шаг 1, поочередно используя в качестве исходного изображения квадраты, полученные на шаге 2.

Линейный алгоритм предполагает следующие шаги:

1. Создать карту обработанных точек исходного изображения.
2. Найти первую необработанную точку исходного изображения. Если таких точек не найдено.
3. Выделить прямоугольный полигон на основе данных о цветовом пороге и занести его как примитивный полигон в линейную структуру данных.
4. Занести точки исходного изображения, соответствующие полигону в карту обработанных точек исходного изображения.
5. Перейти к шагу 2.

Для анализа выберем черно-белое изображение автомобиля размером 256x256 пикселей и 256 градаций серого цвета (рис. 1). Такое изображение позволит реалистично оценить преимущества, недостатки и особенности полигонального разбиения с применением линейного и рекурсивного алгоритмов.

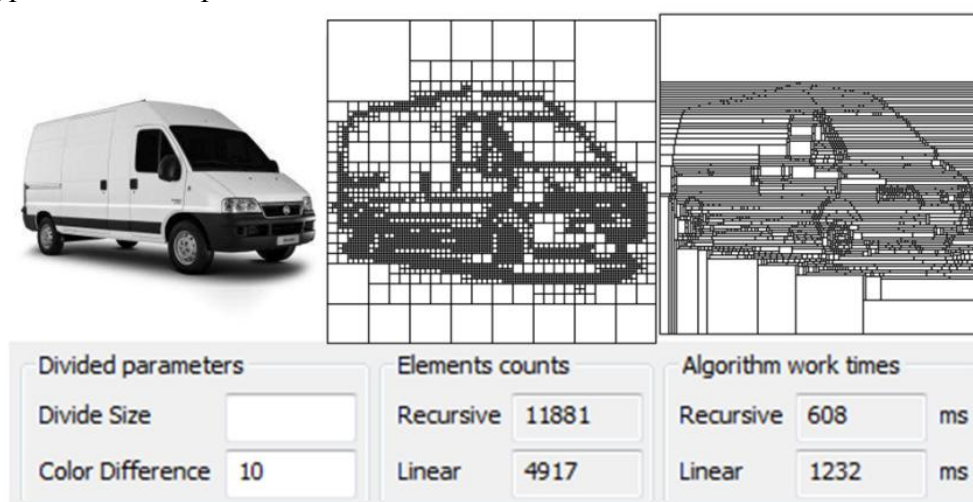
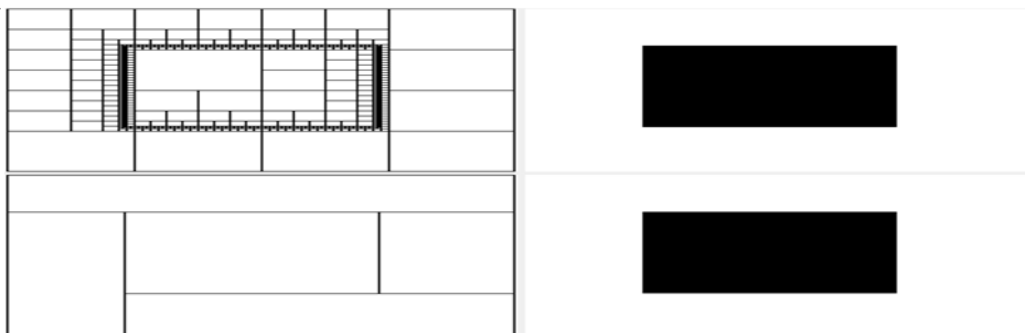


Рисунок 1 – Окно приложения полигонального разбиения исходного изображения при пороге по яркости 10. Слева – рекурсивный алгоритм, справа – линейный алгоритм

В разработанной программе, реализующей приведённые линейный и рекурсивный алгоритмы, установим порог цветового различия в 10 градаций серого цвета. Результатом работы программы будут визуализированные полигональные разбиения исходного изображения (рис. 2).



*Рисунок 2 – Пример «неудобного» изображения (черный прямоугольник на белом фоне) сверху – рекурсивный алгоритм, внизу – линейный алгоритм*

Программа позволяет оценить количество полигонов, на которые разбито исходное изображение с помощью исследуемых алгоритмов, а также время работы алгоритмов (рис. 1).

При подсчёте времени работы алгоритмов учитывается только время чистых вычислительных операций без учёта времени вывода изображений (сетки и восстановленного изображения) на экран.

В результате анализа работы алгоритмов на исходном изображении видно, что линейный алгоритм позволяет разбивать исходное изображение на меньшее количество полигонов (4917 против 11881 при рекурсивном алгоритме), но требует больше времени для работы (1232 миллисекунд против 608 при рекурсивном алгоритме). При этом качество восстановленного изображения сопоставимо (рис. 1).

Различия во времени работы алгоритмов можно объяснить тем, что при рекурсивном алгоритме анализ одинаковых точек происходит меньшее количество раз, чем при линейном алгоритме. Однако, линейный алгоритм позволяет точнее определять границы полигонов. Для рекурсивного алгоритма существуют «неудобные» изображения (рис. 3).

Хорошо иллюстрирует «неудобное» изображение чёрный квадрат на белом фоне, расположенный примерно по центру картинке 256x256 пикселей.

После обработки такого изображения рекурсивным алгоритмом происходит избыточное наполнение линейной структуры описания полигонов. Линейный алгоритм в таком случае позволяет предельно кратко разбит исходное изображение на полигоны с последующим точным восстановлением (рис. 2).

Ранее было рассмотрено разбиение изображения транспортного средства, однако интересным вопросом является также применение линейного алгоритма для разбиения на полигоны изображений лиц. На вербальном уровне изображения лица сложнее (более разнородно) чем изображение транспорта. При обработке такого изображения достоинства и недостатки линейного алгоритма разбиения на полигоны проявляется сильнее (рис. 3).

Для оценки средних значений преимуществ алгоритмов в количестве полигонов и времени разбиения изображения была сделана выборка на примере 20 изображений автотранспорта. В результате получены оценки преимущества линейного алгоритма в количестве полигонов и преимущества рекурсивного алгоритма по времени выполнения разбиения (таблица 1).

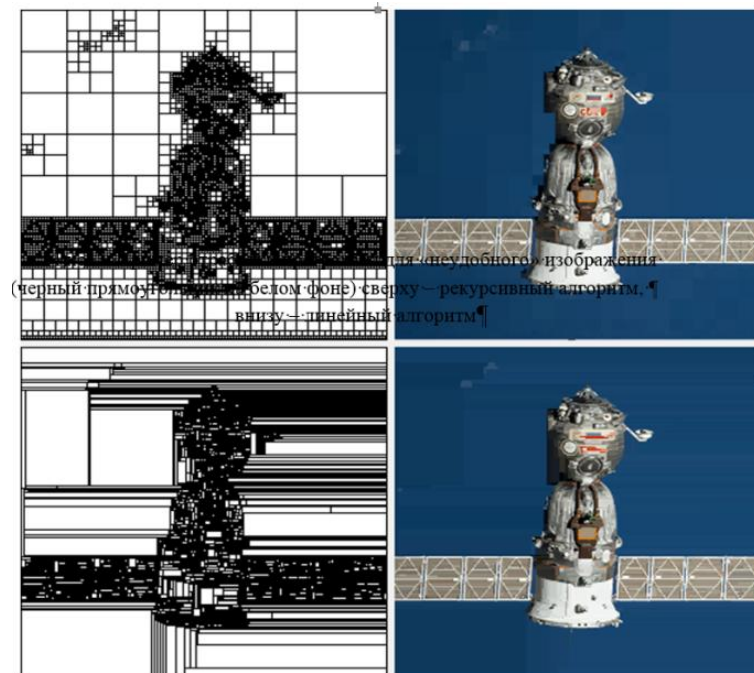


Рисунок 3 – Пример работы программы для изображения КА. наверху – рекурсивный алгоритм, внизу – линейный алгоритм

Таблица 1 – Оценки преимущества линейного алгоритма в количестве полигонов и преимущества рекурсивного алгоритма по времени выполнения разбиения

№ п/п	Рекурсивный алгоритм		Линейный алгоритм		Pr/Pl	Tl/Tr
	кол-во полигонов	время работы алгоритма	кол-во полигонов	время работы алгоритма		
1	8848	905	4441	3807	1,992344	4,20663
2	12046	921	5506	2636	2,187795	2,862106
3	15556	982	6911	5918	2,250904	6,026477
4	10768	905	4795	3525	2,245673	3,895028
5	12013	905	6506	2231	1,846449	2,465193
6	14371	936	6985	2917	2,057409	3,116453
7	14566	952	7365	4649	1,977733	4,883403
8	9112	890	4206	3572	2,166429	4,013483
9	11497	920	5943	2106	1,934545	2,28913
10	12826	952	6468	2356	1,982993	2,47479
11	13561	951	7340	3183	1,847548	3,347003
12	9226	889	3973	1700	2,322175	1,912261
13	11881	889	4917	1918	2,416311	2,15748
14	7390	905	3427	2137	2,156405	2,361326
15	10963	889	5338	1857	2,053765	2,088864
16	12311	874	5247	1888	2,346293	2,160183
17	11863	873	5664	1856	2,094456	2,126002
18	13981	873	5424	1950	2,577618	2,233677
19	12781	890	6209	3323	2,058464	3,733708
20	12673	873	5691	4119	2,226849	4,718213
Средние значения					2,137108	3,153571

где:  $P_r$  – количество полигонов при рекурсивном алгоритме разбиения;  $P_l$  – количество полигонов при линейном алгоритме разбиения;  $T_r$  – время работы рекурсивного алгоритма;  $T_l$  – время работы линейного алгоритма.

#### Заключение

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Применение линейного алгоритма существенно сокращает количество полигонов, но увеличивает время обработки изображения.
2. Для рекурсивного алгоритма существуют «удачные» и «неудачные» изображения. «Неудачность» изображения можно выявить, попытавшись обработать структуру разбиения не совпадающую своими границами с делением при рекурсии.
3. Рекурсивный подход к разбиению на полигоны предпочтительней использовать при «широких» каналах передачи данных линейной структуры от источника к приёмнику.
4. Линейный подход предпочтительней использовать при относительно больших вычислительных мощностях для обработки изображения.

#### *Список литературы*

1. Александров В.В., Горский И.Д. Алгоритмы и программы структурного метода обработки данных. Л.: Наука. 1983. 192 с.
2. Горский Н.Д., Мысько С.Н. Представление изображения на основе рекурсивной структуры и его связь с преобразованием Адамара. В кн.: Системы автоматизации в науке и производстве. М.: Наука. 1984.
3. Александров В.В., Горский Н.Д. Рекурсивный подход к обработке данных. Прикладная информатика. 1984. Вып. 2 (7). С. 34-49.
4. Фахми Ш.С. Кодирование и декодирование видеоинформации // Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения. 2007. Вып. 2. С. 43-51.
5. Фахми Ш.С. Кодирование видеосигналов // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Инф., упр. и комп. технол.». 2007. Вып. 3. С.34-40.
6. Фахми Ш.С., Зубакин И.А., Шагаров С.С. Адаптивные алгоритмы кодирования видеоинформации // Приборы. 2010. № 4. С. 28-31.
7. Клини С. Введение в метаматематику / Северная Голландия. 1952.
8. Фахми Ш.С., Бобровский А.И., Еид М.М., Альмахрук М., Салем А., Березин В.В. Метод распознавания лиц на основе пространственно-рекурсивных триангуляционных сеток // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2016. Вып. 3. С. 86-91.
9. Фахми Ш.С., Альмахрук М.М., Соколов Ю.М., Бобровский А.И., Еид М.М., Салем А. Точность, скорость и сложность устройств кодирования изображений по опорным точкам // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Том 16. № 4. С. 678-689.
10. Шаталова Н.В., Фахми Ш.С., Мукало Ю.И., Гаврилов И.А. Обнаружение и распознавание транспортных средств // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. Санкт-Петербург: ИПТ РАН. 2016. С. 187-193.

УДК 007:681.518.2, 550.388.2

## **СИСТЕМАТИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ**

*Фахми Шакиб Субхиевич – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13*

**Еид Муса Мухамед** – кандидат технических наук, доцент, кафедра информационно-измерительных систем и технологий

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

Сирийская Арабская Республика

**Костикова Елена Валентиновна** – кандидат технических наук, доцент, кафедра математического моделирования и прикладной информатики

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова

198035, Россия, Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7

**Альмахрук Мухиб Мухамед** – аспирант, кафедра систем автоматизированного проектирования

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

Иордания

Аннотация. Предложена систематизация алгоритмов кодирования и декодирования изображений на основе пространственно-рекурсивного метода поиска опорных точек. Приведены критерии оценки и выбора алгоритмов кодирования изображений.

Ключевые слова: систематизация, признаки, опорные точки, рекурсия, опорные точки.

## SYSTEMATIZATION OF PROCESSING ALGORITHMS FOR VIDEOINFORMATION IN VIDEO MONITORING SYSTEMS

*Fahmi Shakib S. – Doctor of Technical Sciences, docent, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Eid Musa Muhamed – PhD, docent, Syrian Arab Republic*

*Saint Petersburg Electrotechnical University LETI*

*Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation*

*Kostikova Elena V. – PhD, docent, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping*

*Dvinskaya str., 5/7, St. Petersburg, 198035, Russian Federation*

*Almahrouk Muhib Muhamed – graduate student, Jordan*

*Saint-Petersburg Electrotechnical University LETI*

*Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation*

Abstract. The systematization of algorithms for image coding and decoding based on the space-recursive method for finding reference points is proposed. The criteria for the estimation and selection of image coding algorithms are given.

Keywords: systematization, characteristics, reference points, recursion, reference points.

Количество информационных потоков в современном мире растет быстрее, чем объемы устройств для хранения данных и пропускная способность линий связи. Самым рациональным решением этой проблемы является использование сжатия информации [1]. При этом не возникает необходимости в ограничении количества информации, которое часто приводит к снижению разрешающей способности данных и, как следствие, к ухудшению качества информации. Это решение позволяет в несколько раз сократить требования к объему устройств хранения данных и к пропускной способности каналов связи без дополнительных затрат (за исключением издержек на реализацию алгоритмов сжатия). Условиями его применимости

является избыточность информации и возможность установки специального программного обеспечения или аппаратуры как вблизи источника, так и вблизи приемника информации. Как правило, на практике оба эти условия удовлетворяются.

Именно вследствие необходимости использования сокращения количества информации методы пространственного кодирования достаточно широко распространены [2-4]. Однако существуют две серьезные проблемы. Во-первых, широко используемые методы спектрального кодирования, как правило, устарели и не обеспечивают достаточной степени сжатия. Во-вторых, проблемой является частое применение методов сжатия, не соответствующих характеру (классу) видеоданных. К тому же, сведения об алгоритмах пространственного сжатия разрознены и не систематизированы.

Поэтому актуальным является проведение систематизации существующих алгоритмов сжатия видеoinформации для определения наиболее эффективных при обработке различных типов видеоданных (статических и динамических изображений) и произвести их упорядочение и выбор критериев сопоставления их характеристик.

Систематизация характеристик алгоритмов сжатия должна способствовать их эффективному использованию и практическому применению в различных телевизионно-измерительных прикладных системах.

#### Критерий оценки и выбора алгоритмов кодирования изображений

Основными критериями для сравнения характеристик конкретных реализаций алгоритмов кодирования и декодирования изображений по опорным точкам в контексте результативности их работы являются [5]:

- точность сжатия: среднеквадратическое отклонение восстановленного изображений от исходного;
- скорость сжатия: число бит информации на пиксель;
- сложность сжатия: количество операций, необходимых для кодирования опорных точек изображений;

– качество информации: отношения энтропии источника к информационному риску:  $Q = H/R$ , где рассматривается два вида информационного риска, которые при оценке качества информации риски суммируются,  $R = R_C + R_n$ :

–  $R_C$  связанного с влиянием соотношения энтропии источника и пропускной способности (наличия *фоновой* информации или проявления ненадежности канала);

–  $R_n$  связанного с влиянием входного шума (наличием потери полезной информации и *шумовой* информацией – передаваемой через канал информацией о входном шуме) [6].

#### Систематизация алгоритмов кодирования изображений

Применяемые в технике связи методы кодирования были классифицированы по ряду специфических признаков в [7].

Систематизация алгоритмов дискретного пространственного метода кодирования и декодирования изображений, приведенная в данном разделе (рис. 1) не исчерпывает всего изобилия алгоритмов кодирования по опорным точкам, но отражает все те алгоритмы и программы, которые являются предметом исследования в данной работе.

Поэтому их систематизация необходима, как условие для выбора наиболее эффективного алгоритма с точки зрения специфики и позиции решаемой проблемы.

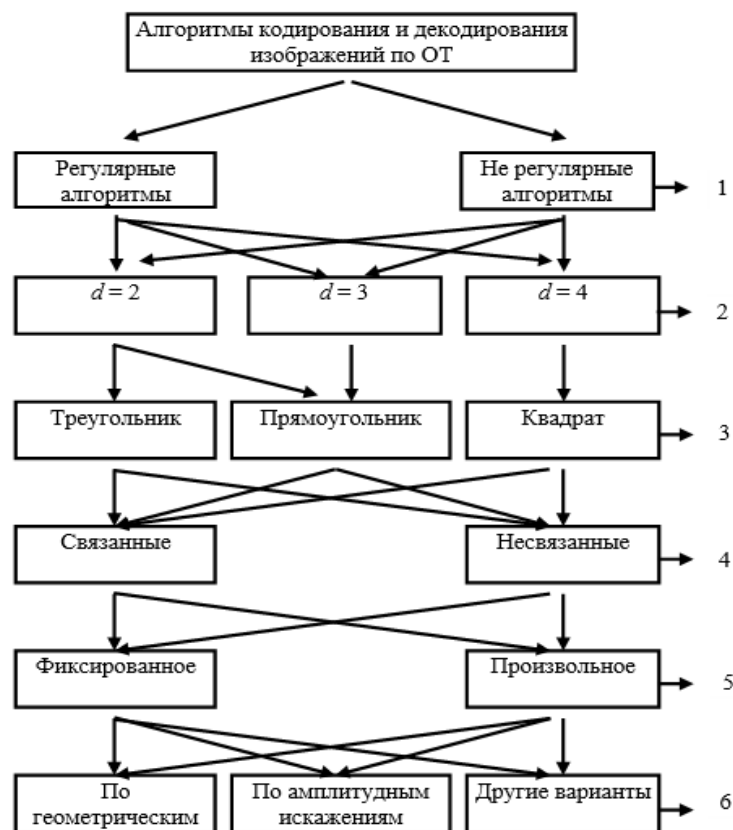
В основу предложенной систематизации входят следующие признаки [8-11]:

Количество полигонов. Количество полигонов после разбиения (как и соответствующие программы) принято определять по числу одинаковых по площади частей изображения ( $d$ ), полученных в результате разбиения:

- $d = 2$  – два полигона;
- $d = 3$  – три полигона;
- $d = 4$  – четыре полигона и т. д.

Если  $d = n$ , то это означает, что исходное изображение в начале делится на  $n$  одинаковые по площади полигонов, а затем осуществляется поиск опорных точек в каждом полигоне.





**Признаки:**

1. Класс алгоритмов: регулярные и нерегулярные;
2. Число полигонов после разбиения;
3. Форма полигонов;
4. Взаимосвязанность процессов сжатия и восстановления;
5. Расположение опорных точек в пределах полигона;
6. Критерии поиска опорных точек.

*Рисунок 1 – Систематизация алгоритмов сжатия и восстановления изображений по опорным точкам*

Форма полигонов. Различают три формы полигонов:

треугольная форма – в этом случае в результате разбиения полигоны имеют форму прямоугольного треугольника. При этом полученные треугольники могут иметь восемь различных ориентаций на плоскости. Программа, реализующая данный алгоритм, формирует коды треугольника исходя из его размера и ориентации;

прямоугольная форма – в этом случае в результате разбиения полигоны имеют форму прямоугольника. При этом разбиение выполняется в два этапа:

первый этап – исходное изображение разбивается на три прямоугольных полигона (либо вертикально, либо горизонтально), второй этап – каждый из полученных прямоугольников разбивается в свою очередь на три квадрата. Программа, реализующая данный алгоритм, формирует коды прямоугольника исходя из его размера и ориентации, как и в предыдущем случае;

квадратная форма – в этом случае в результате разбиения полигоны имеют форму квадрата. Исходное изображение делится на четыре квадрата и каждый в свою очередь рекурсивно делится на следующие квадраты и т. д. Программа, реализующая данный алгоритм, формирует коды квадрата исходя только из его размера.

Взаимосвязанность процессов сжатия и восстановления. Данный признак означает, что процессы сжатия и восстановления связаны между собой, т. е. процесс восстановления результирующего изображения идентичен процессу сжатия и выполняется в обратном порядке. Различают два типа алгоритмов:

- связанные – алгоритмы кодирования и декодирования изображения в этом случае базируются на пирамидально-рекурсивном разбиения изображений при поиске опорных точек. При этом на этапе кодирования, строго следуя определенной форме и числу полигонов, формируется массив сжатого описания, а на этапе декодирования восстановление результирующего изображения осуществляется по сжатому описанию опорных точек;

- несвязанные – алгоритмы кодирования и декодирования изображения в этом случае разрабатываются отдельно друг от друга. На этапе кодирования поиск опорных точек и формирование сжатого массива выполняются различными алгоритмами, а на этапе декодирования для восстановления результирующего изображения выполняется триангуляция Делоне.

Расположение опорных точек в пределах полигона. Последующим шагом после нахождения неравномерной полигональной сетки на этапе кодирования является поиск и определения места опорных точек в пределах каждого из полученных полигонов. В этом случае имеется два варианта нахождения опорной точки:

- фиксированная – в этом случае опорная точка имеет фиксированные координаты в пределах полигона, т. е. опорная точка может быть центром полигона, верхним левым углом полигона и т. п. Следует отметить, данный способ является эффективным из-за простоты аппаратной реализации кодера;

- произвольная – в этом случае опорная точка имеет произвольные координаты в пределах полигона, т. е. она может находиться в любом месте полигона.

Критерии поиска опорных точек. Данная задача является одной из сложнейших для искусственного интеллекта, поскольку опорная точка должна:

- максимально характеризовать заданную локальную области (полигон) с целью синтаксического описания исходного изображения и распознавания

- обеспечивать достижение максимального сжатия при кодировании.

#### Заключение

В заключение следует отметить, что общность подхода к решению поставленной задачи нашла отражение в предложенной их систематизации, а выбор оптимального алгоритма был осуществлен в результате моделирования и тестирования почти всех алгоритмов на основе предложенной систематизации.

Следует отметить, невозможно составить универсальное сравнительное описание всех известных алгоритмов. Это можно сделать только для типовых классов приложений при условии использования типовых алгоритмов на типовых платформах. Однако такие данные быстро устаревают. В каждом случае общие результаты работы алгоритма сжатия зависят и от метода моделирования и от метода кодирования.

Используя один и тот же метод кодирования, можно совершенно по-разному строить модель сжимаемых данных. При этом результат сжатия будет отличаться для различных методов моделирования.

В работе определены базовые признаки для систематизации алгоритмов пространственно-рекурсивного сжатия видеоинформации по опорным точкам, главным из которых следует считать возможность полного восстановления входной информации. В результате, с помощью сформулированных признаков, были систематизированы алгоритмы сжатия видеоинформации и определены алгоритмы, способные наиболее эффективно сжимать различные типы данных.

Кроме того, были выбраны критерии для сравнения конкретных технических реализаций алгоритмов сжатия. Анализ характеристик программных средств, основанных на этих критериях, а также выявление их отличительных особенностей при использовании для сжатия определенных типов данных делают возможным практическое применение результатов, полученных авторами.

Применение полученных в работе результатов при выборе соответствующих алгоритмов кодирования для разных типов видеоданных поможет более разумно использовать дисковое пространство в компьютерных или телевизионно-измерительных системах, а также уменьшать загруженность сетей и время передачи по ним информации, что позволит снизить вероятность потери или искажения важных видеоданных. Таким образом, разработка и вне-

дрение новых алгоритмов сжатия, а также правильное использование существующих позволит значительно сократить издержки на аппаратное обеспечение вычислительных систем.

#### *Список литературы*

1. Истомин В.В. Классификация современных методов сжатия информации // «VIII Королевские чтения» / Всерос. молодежн. научн. конф. с международн. участием. – Самара, 2005. С. 224.
2. Александров В. В., Горский И.Д. Алгоритмы и программы структурного метода обработки данных. – Л.: Наука, 1983. 192 с.
3. Горский Н.Д., Мысько С.Н. Представление изображения на основе рекурсивной структуры и его связь с преобразованием Адамара. -В кн.: Системы автоматизации в науке и производстве. М.: Наука, 1984.
4. Александров В.В., Горский Н.Д. Рекурсивный подход к обработке данных. - Прикладная информатика, 1984. Вып. 2 (7). С. 34-49.
5. Фахми Ш.С., Альмахрук М.М., Соколов Ю.М., Бобровский А.И., Еид М.М., Салем А. Точность, скорость и сложность устройств кодирования изображений по опорным точкам// Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Том 16. № 4. С. 678-689.
6. Цыцулин А. К., Зубакин И. А. Концепция качества информации в теории связи // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2016. Вып. 4. С. 19-25.
7. Сигов А.С., Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи. -М.: Выш. школа, 2009, 735с.
8. Фахми Ш.С. Кодирование и декодирование видеоинформации // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения, 2007. Вып. 2. С. 43-51.
9. Фахми Ш. С. Кодирование видеосигналов // Изв. СПбГЭТУ “ЛЭТИ”. Сер. «Инф., упр. и комп. технол.». 2007. Вып. 3. С.34-40.
10. Фахми Ш.С., Зубакин И.А., Шагаров С.С. Адаптивные алгоритмы кодирования видеоинформации // Приборы. 2010. № 4. С. 28-31.
11. Шаталова Н.В., Фахми Ш.С., Мукало Ю.И., Гаврилов И.А. Обнаружение и распознавание транспортных средств // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. Санкт-Петербург: ИПТ РАН. 2016. С. 187-193.

## **РАЗРАБОТКА РЕГИСТРАТОРА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ**

*Янжура Александр Станиславович – кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник*

*Осадчий Александр Иванович – доктор технических наук, профессор, заместитель  
генерального директора по научной работе*

*Бушманов Сергей Михайлович – инженер*

*АО «Научный центр прикладной электродинамики»*

*190103, Россия, Санкт-Петербург, ул. Менделеевская, д. 8, office@scaegroup.com*

*Аннотация. Одним из наиболее важных метеорологических факторов влияющих на безопасность эксплуатации наземного, водного и авиационного транспорта является ухудшение видимости. Повысить безопасность транспортных систем возможно с помощью оперативного инструментального определения метеорологической дальности видимости (МДВ). В статье описана разработка компактного автономного прибора, позволяющего в режиме реального времени получать параметр МДВ и представлять информацию в электронном виде заинтересованным потребителям. Прибор основан на свойстве рассеяния потока света частицами аэрозоля, находящегося в воздухе. Данная разработка позволит*

создать компактный отечественный прибор, основанный на нефелометрическом методе регистрации МДВ. Данная разработка решает проблемы безопасности эксплуатации транспортных систем и импортозамещения высокотехнологичного оборудования.

*Ключевые слова:* безопасность эксплуатации транспорта; метеорологическая дальность видимости; нефелометрия; регистратор дальности видимости.

## DEVELOPMENT OF A METEOROLOGICAL VISIBILITY LOGGER

*Janzhura Alexander S. – Ph.D., Leading Researcher*

*Osadchiy Alexander I. – Doctor of Technical Science, Professor, Deputy Director*

*Bushmanov Sergey M. – engineer*

*Scientific Centre of Applied Electrodynamics*

*Mendeleevskaya str., 8, St.Petersburg, 190103, Russian Federation, office@scaegroup.com*

*Abstract.* One of the most important meteorological parameter affected to the safety of the operation of land, water and air transport is the deterioration of optical visibility. Increase the security of transport systems is possible with the help of operational instrumental definition of meteorological optical range of visibility (MOR). The article describes the development of a compact standalone device that allows obtaining in real-time MOR parameter and providing information to any consumers. The device is based on the property of scattered light streams of aerosol particles in the air. This development will make it possible to create a compact instrument based on the nephelometric method of MOR recording. This development solves the problems of safety of transport systems operation and import substitution of high-tech equipment.

*Keywords:* safety of transport operation, meteorological range of visibility, nephelometry, meteorological optical range registration.

В процессе развития транспортных систем все актуальнее становится задача обеспечения безопасности эксплуатации транспорта. Значительное увеличение транспортных сетей, плотности, потока и скорости повышает требования к условиям окружающей среды. Один из самых важных факторов, влияющих на безопасности эксплуатации транспортных систем, является ухудшение дальности видимости в атмосфере. Действительно, подавляющее большинство наземного, водного и авиационного транспорта контролируется и управляется с учетом состояния и положения окружающих объектов с помощью оператора или оптических систем видеоконтроля. Существуют как метеорологические, так и техногенные факторы, влияющие на качество видимости окружающих предметов. Ухудшение видимости связанное с образованием дымки или тумана, выпадением осадков, задымления, запыленностью и пр. может привести к возникновению аварийных ситуаций, которые приводят к имущественным потерям и человеческим жертвам. Существует количественная оценка дальности видимости в атмосфере, которая называется метеорологической оптической дальностью видимости (МДВ) и определяется в метрах. Своевременное получение информации о МДВ позволяет предупредить и уменьшить возникновение опасных ситуаций связанных с видимостью для любых транспортных систем.

Инструментальная оценка МДВ осуществляется с помощью специальных метеорологических приборов. Существует два основных типа приборов основанных на разных принципах регистрации МДВ: метеорологические трансмиссометры – устройства определяющие затухание (поглощение) светового потока проходящего через воздушную среду и нефелометры – устройства, оценивающие МДВ по рассеянию светового потока на аэрозоли.

Трансмиссометр позволяет наиболее точно определить световую прозрачность атмосферы, но конструктивно имеет большие размеры. Прибор состоит из приемной и передающей частей, которые должны быть разнесены на расстояние не менее нескольких десятков метров. Такой прибор сложно настраивать и эксплуатировать, кроме того, его невозможно разметить на подвижных объектах, например морских судах.

Нефелометр – достаточно компактный прибор, так как ему требуются меньшие объемы воздушной среды для оценки МДВ. Использование современных высокотехнологичных компонент позволяет обеспечить точность измерений данных устройств сопоставимую с трансмиссометрами. На сегодняшний день в России нет отечественного метеорологического нефелометра, поэтому разработка и внедрение этого измерительного прибора является актуальной задачей для решения проблем связанных с безопасной эксплуатацией транспорта.

Теоретические основы прозрачности атмосферы. Измерение метеорологической оптической дальности видимости является достаточно сложной и комплексной задачей заключающей в себе несколько теорий:

1. Рассеяние лучистой энергии аэрозольными частицами в атмосфере (теория Ми).
2. Влияние атмосферы на видимую яркость объекта и яркостный контраст.
3. Теорию метеорологической дальности видимости.
4. Ограничение видимости в тумане и зоне осадков.

Кроме того, при инструментальной оценке дальности видимости, необходимо учитывать скорость падения жидких и твердых осадков в атмосфере.

Электромагнитное поле распространяющейся в среде световой волны взаимодействует с частицами среды и вызывает переизлучение энергии. Если среда не вполне однородна, возникает рассеяние, т. е. изменяется направление волнового вектора  $k$  при сохранении полной энергии световой волны, при этом световой поток в первоначальном направлении ослабляется, как показано на рисунке 1.

В качестве рассеивателей могут выступать молекулы с размерами от 1 ангстрема, частицы различной формы и размерами до тысяч нанометров, наконец, оптические неоднородности (посторонние включения, дефекты структуры, упругие колебания решетки). Если размер рассеивателя  $a$  менее  $\lambda/15$  наблюдается рэлеевское рассеяние, более – рассеяние Ми. При  $a \sim \lambda$  эффекты рассеяния постепенно переходят в дифракционные.

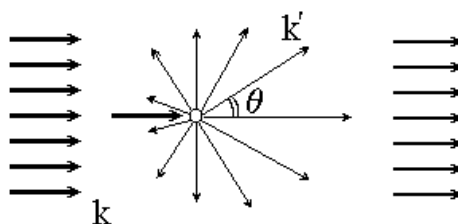


Рисунок 1 – Рассеяние светового потока на частице

Значительное ухудшение видимости в атмосфере происходит в основном по причине тумана или выпадения осадков. Аэрозольные капли тумана рассеивают свет в соответствии с теорией Ми [1]:

$$\alpha = Nk\pi r^2 \quad (1)$$

где  $N$  = число капель в единице объема,  $r$  – радиус капель (для монодисперсного тумана),  $k$  – функция рассеяния, которую можно принять равной 2.

Вводя понятие водности тумана  $W$  получим:

$$S_m = 2.61 \frac{r}{W} \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что МДВ обратно пропорциональна водности, и прямо пропорциональна радиусу капель тумана. Таким образом можно заключить, что видимость в мелкодисперсном тумане меньше, чем в крупнодисперсном.

Оценка влияния осадков на МДВ еще сложнее и обуславливается в необходимости учета распределения капель дождя по размерам, плотности пространственного распределе-

ния, и от фазового состояния осадков [2]. Ослабление светового потока в каплях дождя зависит от интенсивности  $J$  осадков и выражается общим эмпирическим уравнением:

$$\alpha = M J^b \quad (3)$$

где  $M$  и  $b$  – коэффициенты, подлежащие определению и зависящие от типа осадков.

Вышеизложенные теории показывают сложность и множественную неопределенность вычисления МДВ связанную с субъективностью восприятия данного параметра. Тем не менее, существует достаточно плотная связь между аэрозольным рассеянием света в атмосфере и дальностью видимости объектов. Поэтому для оценки дальности видимости достаточно измерять уровень рассеяния света от стабильного источника в некотором объеме воздуха. Эту задачу выполняет разрабатываемый прибор – регистратор метеорологической дальности видимости (РДВ).

#### Описание разработки РДВ

Для определения МДВ в данной разработке использован световой поток образуемый высокостабилизированным источником света с последующим выделением рассеянной составляющей чувствительным электрооптическим регистратором. Учитывая значительное непостоянство уровня внешней засветки измеряемого объема воздуха (естественное освещение) применена импульсная модуляция исследуемого светового сигнала.

Все составные части измерительной системы собраны в один функционально законченный прибор показанный на рисунке 2.

Соответственно, прибор состоит из оптического передатчика, оптического приемника и блока электроники. Приемник и передатчик выполнены в виде отдельных устройств – трубчатых элементов, вынесенных на кронштейнах на некоторое расстояние от блока электроники, который крепится на опорную мачту. Оптические зоны приемника и передатчика направлены относительно друг друга под определенным углом для обеспечения наилучшей чувствительности устройства к рассеиваемому потоку.



*Рисунок 2 – Общий вид прибора РДВ*

Оптические оси приемника и передатчика пересекаются создавая рабочую зону в которой происходит рассеяние излучаемого светового потока атмосферными частицами. На основании регистрации рассеянного светового потока оптической системой приемника производится конечная оценка МДВ.

Электронная схема передатчика формирует модулированный особым образом световой поток фиксированной мощности. Такой поток обеспечивает стабильность работы измерительной системы и повышает ее чувствительность исключая внешние влияющие факторы, такие как внешняя естественная засветка, оптический шум и др.

В приемнике прибора осуществляется оптическая фильтрация сигнала, преобразование световой энергии сигнала в электрический, дальнейшая согласованная фильтрация и выделение основного сигнала.

Блок электроники производит синхронизацию приемника и передатчика, выделение и оценку уровня сигнала, перерасчет уровня сигнала в параметр МДВ, передачу информации во

внешний коммуникационный порт. Блок выполнен на основе микроконтроллера работающего по определенному алгоритму.

Дополнительной функцией прибора является оптическое определение типа и интенсивности осадков для внесения поправок в измерения МДВ. При разработке алгоритмов работы прибора была учтена физическая основа и математические закономерности, лежащие в основе определения МДВ.

#### Заключение

Авторами статьи разработан отечественный метеорологический нефелометр для непрерывной регистрации МДВ. Внедрение данного прибора в производство позволит оснастить транспортные системы компактными, автоматическими приборами для получения информации об основных параметрах воздушной среды, влияющих на безопасность и эффективность эксплуатации транспорта.

Разработанный прибор можно устанавливать в аэропортах в зоне взлетно-посадочной полосы для обеспечения процессов взлета и посадки воздушных судов [3], на магистральных дорогах с интенсивным транспортным потоком, на морские и речные суда с целью определения условий видимости при отсутствии дополнительных видимых ориентиров в акватории.

Полная автоматизация получения результатов измерений дает возможность построения распределенных систем регистрации параметра МДВ, покрывая всю площадь транспортных сетей. Кроме того, внедрение отечественного регистратора дальности видимости позволит выполнить программу импортозамещения, повысить надежность транспортных систем России.

#### *Список литературы*

1. Хромов С.П. Метеорология и климатология / С.П. Хромов, М.А. Петросянц / М.: Изд-во «Колос». 2004. С. 582.
2. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология / О.Г. Богаткин / СПб: Изд-во РГГМУ. 2005. С. 328.
3. РД 52.21.680 - 2006. Руководство по определению дальности видимости на ВПП (RVR).

*УДК 658.71.08, 519.87*

## **ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОКУЛОМОТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗРИТЕЛЬНОГО ПОИСКА ОПАСНЫХ ПРЕДМЕТОВ ОПЕРАТОРАМИ ДОСМОТРА**

*Волков Александр Константинович – ассистент кафедры обеспечения авиационной безопасности*

*Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева*

*432071, Россия, г. Ульяновск, ул. Можайского, д. 8/8, oabivauga@mail.ru*

*Аннотация. В работе рассматриваются вопросы применения метода видеоокулографии (Eye tracking) для оценки параметров окуломоторных реакций операторов досмотра. Показано, что предлагаемый метод исследования позволяет по показателям глазодвигательной активности испытуемого оценить эффективность решения задачи зрительного поиска опасных предметов. Установлено, что время обнаружения самодельных взрывных устройств при влиянии факторов сложности, распределено по нормальному закону.*

*Ключевые слова: авиационная безопасность, оператор досмотра, рентгеновское изображение, зрительный поиск, видеоокулография, глазодвигательная активность, саккады.*

# THE APPLICATION OF THE SYSTEM OF EYE MOVEMENTS' REGISTRATION TO ASSESS OCULOMOTOR PARAMETERS OF VISUAL SEARCH OF DANGEROUS ITEMS BY AVIATION SECURITY SCREENERS

*Volkov Alexander K. – assistant of Department of providing of aviation security, Ulyanovsk Civil Aviation Institute*

*Mozhaisky str., 8/8, Ulyanovsk, 432071, Russian Federation, oabuvauga@mail.ru*

*Abstract.* This paper discusses the issues of application of the method of videooculography (eye-tracking) to estimate the parameters aviation security screener' oculomotor reactions. It is shown that the proposed method allows research on indicators of oculomotor activity test to assess the efficiency of solving the problem of visual search for threat items. It is established that the detection time of improvised explosive devices under the influence of complexity factors is distributed according to the normal law.

*Keywords:* aviation safety, aviation security screener, x-ray image, visual search, videooculography, oculomotor activity, saccade.

Применение современных измерительных технологий при исследовании процессов зрительного поиска опасных предметов операторами досмотра открывает возможность для повышения уровня обеспечения авиационной безопасности. Деятельность операторов досмотра заключается в визуальном поиске опасных предметов по рентгеновским изображениям багажа или ручной клади. В настоящее время согласно рекомендациям Международной организации гражданской авиации (ИКАО) для оценки эффективности деятельности операторов применяются следующие показатели: частота обнаружений опасных предметов, частота ложных тревог и затраты времени на поиск опасных предметов [1].

Зарубежные исследователи предлагают применять такой параметр как «индекс чувствительности», разработанный в рамках «Теории обнаружения сигнала». Согласно основным положениям данной теории, обнаружение опасного объекта в багаже пассажиров или их ручной клади можно охарактеризовать как типичную задачу обнаружения сигнала, где опасный объект является «сигналом», а различные бытовые предметы, содержащиеся в багаже или ручной клади, представляют собой «помехи» [2]. «Индекс чувствительности» представляет собой разницу между количеством верных обнаружений запрещенных предметов и количеством ложных тревог [3].

В работе [4] обосновывается использование вероятностного показателя, разработанного в рамках теории моделирования и параметризации педагогических тестов. В рамках предложенной модели вероятностные характеристики обнаружения оператора рассматриваются как функции от таких параметров, как разности уровня подготовки и уровня сложности изображений, а также меры ответственности и структурированности профессиональных знаний оператора.

На основании приведенного краткого анализа можно сделать вывод, что предложенные показатели не в полной мере отражают индивидуальные особенности деятельности операторов по интерпретации рентгеновских изображений. В связи с чем, для совершенствования методов оценке эффективности деятельности операторов предлагается применить системы регистрации движения глаз.

## Применение системы регистрации движения глаз

Метод видеоокулографии (Eye tracking) находит все большее применение в различных направлениях и исследованиях. Технология Eye tracking – это метод определения координат взора: точки пересечения оптической оси глазного яблока и плоскости наблюдаемого объекта или экрана, на котором находится некий визуальный стимул [5].

В целях оценки возможности применения метода видеоокулографии для оценки эффективности зрительного поиска операторами досмотра, были проведены эксперименталь-



ные исследования на оборудовании SMI Eye Tracking Glasses с программным обеспечением BeGaze. Основной задачей являлось обоснование окулографических (окуломоторных) параметров, применение которых позволяло бы оценивать индивидуальные особенности операторов по интерпретации рентгеновских изображений. В табл. 1 приведены показатели окуломоторных параметров пяти операторов, характеризующих деятельность по зрительному поиску запрещенных предметов.

Таблица 1 – Параметры глазодвигательной активности операторов

Оператор	Средняя длительность фиксации взгляда на опасном предмете (мс)	Количество возвратов к опасному предмету	Количество саккад	Среднее время удержания взгляда на опасном предмете (мс)
1	218,5	8	48	5989,2
2	443,6	2	21	1330,7
3	408,8	0	20	3194,4
4	288,4	3	25	1863,3
5	266,4	0	20	266,4

В качестве стимулов на зрительную реакцию использовались рентгеновские изображения, содержащие такие опасные предметы, как огнестрельное оружие.

В общем случае, анализ показателей зрительного поиска (табл. 1) показал определенные различия в индивидуальных особенностях операторов, касающиеся средней длительности фиксации взгляда на различных опасных предметах и характеристикам саккад. Программное обеспечение BeGaze позволяет проводить регистрацию данных и анализ результатов эксперимента.

В качестве основных окуломоторных параметров зрительного поиска опасных предметов можно выделить следующие: суммарная длительность фиксации взгляда; средняя мгновенная скорость саккады; амплитуда саккад; пиковая скорость саккады.

Также согласно рекомендациям ИКАО при оценке эффективности деятельности операторов досмотра необходимо учитывать влияние факторов сложности рентгеновского изображения. Под факторами сложности теневого рентгеновского изображения понимаются специфические свойства рентгеновского изображения, которые влияют на способность к обнаружению запрещенных предметов операторами досмотровой техники. Согласно результатам зарубежных исследований [2,3] были определены три основных фактора сложности рентгеновского изображения:

- «изменение ориентации запрещенного предмета»;
- «наложение запрещенного предмета другими объектами изображения»;
- «сложность содержимого багажа или ручной клади».

Было проведено исследование влияния факторов сложности на время зрительного поиска самодельных взрывных устройств (СВУ). Статистические характеристики времени зрительного поиска СВУ при влиянии факторов сложности приведены в табл. 2, где  $M$  – среднее,  $SD$  – стандартное отклонение,  $Min$  – минимальное значение,  $Max$  – максимальное значение,  $MD$  – медиана.

Анализ данных (табл. 2) показывает, что наибольшее влияние на время зрительного поиска СВУ оказывает фактор сложности багажа, математическое ожидание составляет 11,27 с. и среднеквадратическое отклонение 3,83 с. Наименьшее влияние на время зрительного поиска оказывает фактор изменения ориентации опасного предмета, математическое ожидание составляет 3,83 с. и среднеквадратическое отклонение 1,39 с.

Таблица 2 – Основные статистики времени зрительного поиска СВУ

Статистики Фактор сложности	M	SD	Min	Max	MD
«изменение ориентации»	3,83	1,39	1,2	8	3,64
«наложение опасного предмета»	9,06	3,95	1	20	8,5
«сложность багажа»	11,27	3,83	1	21,2	11,6

Проверка гипотезы о виде распределения времени зрительного поиска СВУ при влиянии факторов сложности проводилась на основе критерия согласия Пирсона [5]. Вероятность справедливости гипотезы о нормальном виде распределения времени зрительного поиска при влиянии фактора «изменение ориентации» оказалась больше 0,05 (0,6), значение теста  $\chi^2$  составляет 4,5. Вероятность справедливости данной гипотезы для времени зрительного поиска при влиянии фактора «сложность багажа» составляет 0,57, значение теста  $\chi^2$  при уровне значимости 0,05 составляет 2,89. Вероятность справедливости гипотезы о нормальном виде распределения при влиянии фактора «наложение опасного предмета» составляет 0,67, значение теста  $\chi^2$  при уровне значимости 0,05 составляет 4,5. В качестве примера на рисунке 1 приведена гистограмма распределения времени зрительного поиска, полученная с применением программного продукта STATISTICA.

В целом распределение значений времени зрительного поиска (рис. 1) совпадает с нормальным (гистограмма примерно выстраивается в колоколообразную фигуру).

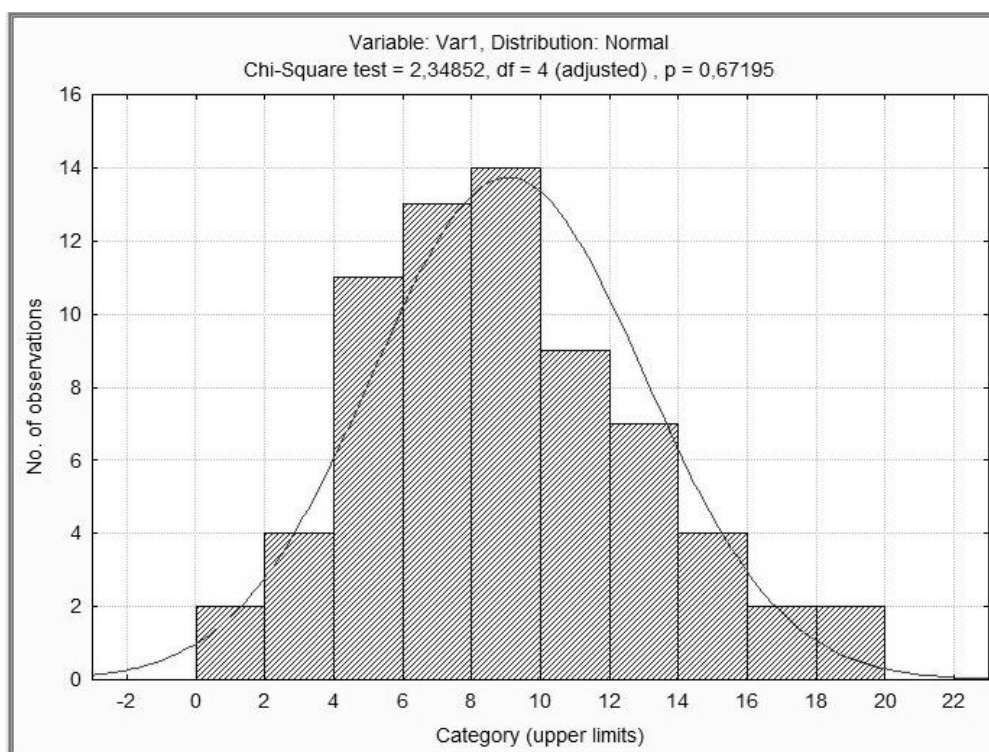


Рисунок 1 – Гистограмма распределения времени зрительного поиска СВУ при влиянии фактора «наложение опасного предмета»

Таким образом, системы регистрации движений глаз позволяют решить задачу оценки эффективности зрительного поиска опасных предметов операторами досмотра.

Исследования в области особенностей глазодвигательной активности операторов досмотра позволят разрабатывать системы контроля и мониторинга их состояний в реальном режиме времени в ходе выполнения профессиональных задач.

В результате экспериментальных исследований было определено, что наибольшее влияние на время зрительного поиска СВУ оказывает фактор «сложность багажа». Установлено, что время зрительного поиска СВУ при влиянии факторов сложности, распределено по нормальному закону.

#### *Список литературы*

1. Человеческий фактор в системе мер безопасности гражданской авиации. Doc 9808. Изд. 1. Монреаль: ИКАО. 2002. 120 с.
2. Steiner-Koller S.M., Bolfing A., Schwaninger A. Assessment of x-ray image interpretation competency of aviation security screeners. IEEE International Carnahan Conference on Security Technology Proceedings. 2009. Vol. 43, pp. 303-308.
3. Hofer F., Schwaninger A. Reliable and valid measures of threat detection performance in X-ray screening. IEEE International Carnahan Conference on Security Technology Proceedings. 2004. Vol. 38, pp. 303-308.
4. Волков А.К. Применение двухпараметрической модели ИРТ для оценки вероятностных характеристик обнаружения запрещенных предметов операторами досмотровой техники / А.К. Волков, Д.В. Айдаркин, А.К. Волков // Научный вестник МГТУ ГА. 2017. Т. 20 (3). С. 100-109.
5. Барабанщиков В.А., Жегало А.В. Айттрекинг. Методы регистрации движения глаз в психологических исследованиях и практике. М.: Когито-Центр. 2014. 128 с.

УДК 658.71.08, 519.87

### **АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ОПЕРАТОРОВ РЕНТГЕНТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИНТРОСКОПОВ**

**Волков Андрей Константинович** – ассистент кафедры обеспечения авиационной безопасности

*Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева*

*432071, Россия, г. Ульяновск, ул. Можайского, д. 8/8, oabuvauga@mail.ru*

*Аннотация.* В данной работе проведен анализ моделей оценки надежности операторов рентгентелевизионных интроскопов. Представлен анализ особенностей профессиональной деятельности операторов рентгентелевизионных интроскопов. Рассмотрены факторы, являющиеся причинами ошибок при обнаружении запрещенных к перевозке предметов операторами.

*Ключевые слова:* авиационная безопасность, оператор досмотра, надежность, вероятность обнаружения, рентгеновское изображение.

### **ANALYSIS OF MODELS FOR ESTIMATION OF OPERATORS' RELIABILITY OF X-RAY TELEVISION INTROSCOPES**

*Volkov Andrey K. – assistant of Department of providing of aviation security, Ulyanovsk Civil Aviation Institute*

*8/8, Mozhaisky str., Ulyanovsk, 432071, Russian Federation, oabuvauga@mail.ru*

*Abstract. In this paper, an analysis of models for assessing the operators' reliability of X-ray television introsopes is made. The analysis of features of operators' professional activity of X-ray television introsopes is presented. Factors which are the causes of errors in the detection of objects prohibited for transportation by operators are considered.*

*Keywords: aviation safety, aviation security screener, reliability, probability of detection, x-ray image.*

Одним из важных факторов, определяющих эффективность работы систем досмотра в аэропортах, является надежность операторов рентгенотелевизионных интроскопов (РТИ). Надежность человека-оператора определяется его способностью в течение заданного интервала времени в предусмотренных условиях сохранять нормальное состояние жизнедеятельности и выдерживать технические параметры управляемой системы в установленных пределах [1]. Наряду с рассмотренным понятием существует также понятие отказа человека-оператора. Выделяют временные неустойчивые отказы (ошибки), связанные например, с флуктуационными процессами в анализаторных системах, и временные устойчивые отказы, причиной которых является утомление, излечимый травматизм, стрессовые ситуации [2].

Основная особенность профессиональной деятельности оператора РТИ состоит в том, что она осуществляется не с реальным багажом пассажира, а с его информационной моделью. Информационная модель представляет собой организованное в соответствии с определенной компьютерной программой выдаваемое на устройство отображения информации рентгеновское изображение содержимого багажа. Под устройством отображения информации понимается класс технических средств, составляющих динамическую информационную модель управляемого объекта, с которой оперирует человек в процессе его дистанционного контроля. На основе анализа информационной модели оператор РТИ оценивает ситуацию и принимает решение. Тремя основными функциями оператора РТИ в процессе интерпретации рентгеновского изображения являются: обнаружение (детектирование) сигнала, идентификация сигнала и интерпретация сигнала.

Причинами ошибки в обнаружении запрещенных к перевозке предметов операторами РТИ могут быть следующие факторы:

- недостаточная профессиональная подготовленность оператора;
- когнитивные особенности восприятия (внимательность, бдительность и т.д.);
- состояние утомления в процессе длительной работы за интроскопом;
- эргономические аспекты проектирования технических средств досмотра;
- эксплуатационные характеристики рабочего места (шум, освещение и т.д.).

#### Модели оценки надежности человека-оператора

Простейшим показателем надежности оператора является вероятность безошибочного выполнения операции  $j$ -го типа  $i$ -м оператором –  $P_{ij}$ , которая вычисляется по следующей формуле [3]:

$$P_{ij} = \frac{n_{ji}}{N_{ji}},$$

где  $N_{ji}$  – число операций  $j$ -го типа, выполненных  $i$ -м оператором в течении заданного времени;  $n_{ji}$  – число операций из  $N_{ji}$ , выполненных безошибочно.

В качестве параметра надежности оператора также рассматривается вероятность готовности к выполнению операции  $j$ -го типа  $i$ -м оператором [3]:

$$R_{ij} = \frac{m_{ji}}{M_{ji}},$$

где  $M_{ji}$  – число операций  $j$ -го типа, выполненных  $i$ -м оператором в течении заданного времени;  $m_{ji}$  – число операций из  $M_{ji}$ , начатых своевременно.

Широкое развитие получили работы по описанию надежности пилота передаточной функцией [4]:

$$W(p) = \frac{K(T_1 p + 1)}{(T_2 p + 1)(T_3 p^2 + T_4 p + 1)} e^{-p\tau},$$

где  $W(p)$  – передаточная функция человека-оператора;  $p$  – оператора Лапласа;  $K$  – коэффициент усиления человеком-оператором;  $\tau$  – время чистого запаздывания;  $T_1$  – постоянная времени дифференцирующего звена человека-оператора;  $T_2$  – постоянная времени интегрирующего звена человека-оператора;  $T_3$  и  $T_4$  – постоянные времени колебательного звена человека-оператора.

Для оценки надежности деятельности операторов РТИ зарубежные исследователи предлагают применять так называемый «индекс чувствительности», предложенный в рамках «Теории обнаружения сигналов» [5]:

$$d' = H - FA,$$

где  $H$  (hits) – количество верных обнаружений запрещенных предметов;  $FA$  (false alarm) – количество ложных тревог.

Также наряду с параметром  $d'$  часто используется параметр  $A'$ , который определяется следующим выражением [6]:

$$A' = 0,5 + \frac{(H - FA)(1 + H - FA)}{4H(1 - FA)}.$$

В работе [7] предложена следующая вероятностная модель:

$$P_i(\beta) = \frac{e^{d_i(\theta_i - \beta)}}{1 + e^{d_i(\theta_i - \beta)}}, \quad (1)$$

где  $\theta_i$  – уровни подготовки операторов;  $i=1, \dots, n$ , где  $n$  – количество операторов;  $\beta$  – уровень трудности рентгеновского изображения, характеризующийся влиянием определенного фактора сложности;  $d_i$  – параметр, характеризующей меру структурированности профессиональных знаний  $i$ -го оператора.

В рамках модели (1) надежность оператора РТИ рассматривается как функция от таких параметров, как разности уровня подготовки и уровня сложности изображений, а также меры ответственности и структурированности профессиональных знаний оператора.

Заключение. Таким образом, надежность операторов РТИ, характеризующая способность по обнаружению запрещенных предметов является важным условием надежного функционирования системы досмотра в аэропорту. В работе представлен анализ особенностей профессиональной деятельности операторов РТИ. Рассмотрены факторы, являющиеся причинами ошибок при обнаружении запрещенных к перевозке предметов операторами.

#### Список литературы

1. Елисов Л.Н. Введение в теорию авиационной безопасности / Л.Н. Елисов, Н.И. Овченков, Р.С. Фадеев; под ред. Л. Н. Елисова / Ярославль: Филигрань. 2016. 320 с.
2. Воронин В.М. Современная инженерная психология на железнодорожном транспорте : монография / В.М. Воронин. Екатеринбург : Изд-во УрГУПС. 2011. 280 с.

3. Елисов Л.Н. Анализ современного состояния проблемы тренажерной подготовки летного состава гражданской авиации / Л.Н. Елисов, С.В. Громов // Научный вестник МГТУ ГА. 2014. № 214. С. 15-18.

4. Лебедев А.М. Метод расчета ожидаемого предотвращенного ущерба от авиационных происшествий / А.М. Лебедев. Ульяновск: УВАУ ГА. 2007. 155 с.

5. Steiner-Koller S.M., Bolfing A., Schwaninger A. Assessment of x-ray image interpretation competency of aviation security screeners. IEEE International Carnahan Conference on Security Technology Proceedings. 2009. Vol. 43, pp. 303-308.

6. Hofer F., Schwaninger A. Reliable and valid measures of threat detection performance in X-ray screening. IEEE International Carnahan Conference on Security Technology Proceedings. 2004. Vol. 38. pp. 303-308.

7. Волков А.К. Применение двухпараметрической модели IRT для оценки вероятностных характеристик обнаружения запрещенных предметов операторами досмотровой техники / А.К. Волков, Д.В. Айдаркин, А.К. Волков // Научный вестник МГТУ ГА. 2017. Т. 20 (3). С. 100-109.

УДК 007:681.518.2, 550.388.2

## **ТРАНСПОРТНЫЕ ВИДЕОСИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ: АЛГОРИТМЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАСПОЗНАВАНИЯ**

**Фахми Шакиб Субхиевич** – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13

**Еид Муса Мухамед** – кандидат технических наук, доцент, кафедра информационно-измерительных систем и технологий

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

Сирийская Арабская Республика

**Костикова Елена Валентиновна** – кандидат технических наук, доцент, кафедра математического моделирования и прикладной информатики

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова

198035, Россия, Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7

**Салем Али** – аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

Йемен

*Аннотация.* Сложность разработки эффективных компонентов систем на кристалле для распознавания образов, в частности транспортных средств, предполагает исследование и развитие аппаратно-программных современных средств синтеза и анализа видеoinформации. Предлагается метод и аппаратно-программная параллельная реализация видеосистемы ввода, анализа и передачи видеoinформации в реальном времени на базе платформы с встроенным ПЛИС Cyclone V и высокоскоростного контроллера USB 3.0.

*Ключевые слова:* мониторинг, видеoinформация, передача, анализ, опорные точки.

## TRANSPORT VIDEO SYSTEMS ON CRYSTAL: ALGORITHMS AND RECOGNITION TECHNOLOGIES

*Fahmi Shakib S. – Doctor of Technical Sciences, docent, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Eid Musa Muhamed – PhD, docent, Syrian Arab Republic, Saint Petersburg Electrotechnical University LETI*

*Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation*

*Kostikova Elena V. – PhD, docent, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping*

*Dvinskaya str., 5/7, St. Petersburg, 198035, Russian Federation*

*Salem Ali. – graduate student, Yemen*

*Saint Petersburg Electrotechnical University LETI*

*Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation*

*Abstract. The complexity of developing effective components of systems on a chip for pattern recognition, in particular for vehicles, involves research and development of hardware and software modern means of synthesis and analysis of video information. The method and hardware-software parallel implementation of a video system for the input, analysis and transmission of real-time video information on the basis of a platform with a built-in Cyclone V FPGA and a high-speed USB 3.0 controller is proposed.*

*Keywords: Monitoring, video information, transmission, analysis, reference points.*

В работах [1,2] отмечено актуальность исследования и разработки информационно-телекоммуникационных подсистем, как важнейшие функциональные элементы интеллектуального мультимодального проекта – интеллектуальной мультимодальной транспортной системы (ИМТС) России.

А предлагаемый авторами проект ИМТС – новый вид информационно-телекоммуникационной системы, позволяющий обеспечивать эффективный контроль и управление (технологическое и административное) внутримодальными и мультимодальными транспортными потоками. При этом проблема видеоаналитики и передачи видеoinформации в реальном времени остается в полной зависимости от оператора и самого диспетчера слишком многое завязано на человеческий фактор. Операторы вынуждены непрерывно отслеживать весь видеопоток, особенно к концу смены, когда внимательность оператора снижается. Следовательно, необходимость разработки интегрированной видеoinформационной системы анализа и передачи видеoinформации в реальном времени остается актуальной.

Важно отметить, что внедрение новых методов и технологий интеллектуального анализа должно являться неотъемлемой частью выше указанного проекта обновления транспортной инфраструктуры России.

Проблема анализа видеoinформации и отделения (выделения) объектов от фона в естественной или искусственной обстановке и последующего распознавания всегда находилась в ряду самых приоритетных задач для исследователей, работающих в области систем машинного зрения и искусственного интеллекта. Тем не менее, множество исследований, проводящихся в ведущих научных центрах мира в течение нескольких десятилетий, так и не привело к созданию реально работающих универсальных систем компьютерного зрения, способных обнаруживать и распознавать объектов в любых условиях [3,4].

Современный подход к развитию интеллектуальных технологий должен обеспечивать выполнение полного маршрута системного проектирования систем искусственного зрения на кристалле. При этом необходимо параллельно создавать собственные библиотеки модулей с возможностью повторного использования СФ-блоков, специализированных для решения конкретных задач обнаружения требуемых объектов: авиационного, железнодорожного, автомобильного транспорта.

### Обзор задачи

Серьезной проблемой, стоящей перед проектировщиками систем компьютерного зрения на примере распознавания транспортного средства (ТС), является большая изменчивость визуальных образов, связанная с изменениями освещенности, окраски, масштабов, ракурсов наблюдения [5]. Кроме того, ТС имеют не стандартные и отличающие друг от друга сложные формы и признаки одного и того же класса объектов, что приводит к существенной изменчивости изображений одного и того же человека. Однако наиболее сложной задачей компьютерного зрения при распознавании объектов является проблема устранения неоднозначности, возникающей при проектировании трехмерных объектов реального мира на плоские изображения. Цвет, размеры и яркость отдельных пикселей на изображении также зависят от большого количества трудно прогнозируемых факторов. В число этих факторов входят: число и расположение источников света; цвет и интенсивность излучения; формы и размеры ТС; тени или отражение от окружающих объектов.

Задача обнаружения объектов на изображении осложняется также огромным объемом данных, содержащихся в изображении. Изображение может содержать тысячи пикселей, каждый из которых может иметь важное значение. Полное использование информации, содержащейся в изображении, требует наличия современных технологий с гибко-настраиваемой конфигурацией и анализа каждого пикселя на принадлежность его объекту или фону с учетом возможной изменчивости объектов. Такой анализ может потребовать высоких затрат как в требуемой памяти, так и в количестве вентилях ПЛИС.

Центральной проблемой распознавания образов является разделение объектов и фонов. При этом существует несколько подходов к понятиям доминантной и фоновой информации, в первую очередь: на синтаксическом и семантическом уровнях. На семантическом уровне самым известным и самым примитивным примером является картина «лица–ваза». На синтаксическом уровне главным вопросом является разделение доминантной и шумовой информации [15].

Решение проблемы разделения доминантной и фоновой информации лежит в правильном выборе описания ТС, для обнаружения и распознавания которых создается система. Описание объекта должно учитывать наиболее характерные особенности в виде опорных точек, отличающие его от остальных элементов окружающей сцены. Чтобы избежать субъективности при выборе нужного описания, необходимо использовать методы автоматического выбора подходящих характеристик ТС, которые реализуются на этапе обучения в комбинированных алгоритмах. В то же время существует ряд параметров в описании ТС, которые в настоящее время разработчик должен учитывать при создании систем обнаружения и распознавания. К таким параметрам относятся [6-9]:

1. 2D и 3D-представления фона и объекта. При этом 3D- алгоритмы, в отличие от 2D требуют большого числа различных описаний, соответствующих представлению объекта в различных условиях наблюдения;
2. Взаимосвязанность элементов, описывающих ТС и фон;
3. Признаки ТС (форма, размер, объем, цвет и. т. д.), описывающие специфику объекта –ТС и его характеристики.

### Метод распознавания на основе триангуляционных сеток

В самом общем случае алгоритм решения задачи обнаружения и идентификации требуемого объекта в работе был протестирован на примере распознавания транспортных средств (ТС) состоит из следующих шагов (рис. 1):

1. Прием и структуризация изображений.
2. Обнаружение факта присутствия требуемого объекта на анализируемой сцене.
3. Выделение опорных точек объекта.
4. Определение и выделение характерных признаков объекта.
5. Определение ракурса наблюдения объекта (анфас, профиль).
6. Формирование сжатого описания опорных точек объекта.
7. Сравнение с эталонами и идентификация.



В зависимости от конкретных условий структура и реализация отдельных шагов алгоритма могут различаться [10]. Важным является использование максимально доступной информации для достижения удовлетворительных результатов в сложных ситуациях изменения обстановки с большим потоком входных видеоданных.

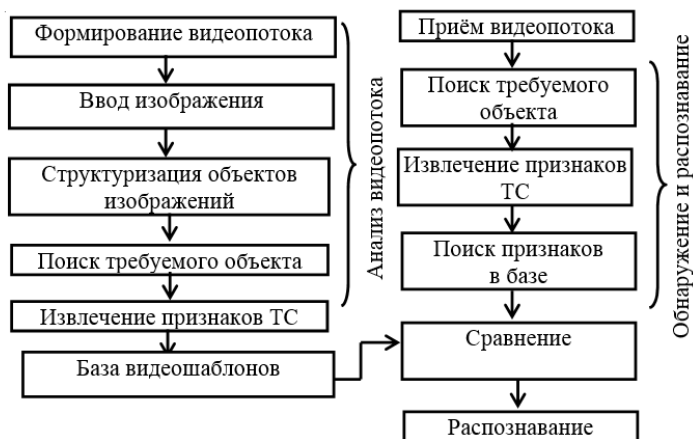


Рисунок 1 – Процессы анализа, обнаружения и распознавания образов

Алгоритмы должны уметь эффективно отсекают статические и медленно изменяющиеся элементы сцены, работать в различных условиях освещенности, опознавать объект под различными ракурсами, отслеживать передвижение множества транспортных средств и автоматически выбирать момент, подходящий для выполнения идентификации данного объекта (например, когда можно получить фронтальное изображение автомобиля с достаточным разрешением). Для обеспечения таких возможностей алгоритма необходимо иметь:

- а) многопроцессорные реконфигурируемые сложно-функциональные (СФ) блоки, включающие многокамерный обзор и анализ сцены с возможностью выделения двумерных и трёхмерных опорных точек объекта;
- б) скоростной ввод видеопотока для фильтрации элементов сцены по параметрам движения;
- в) использование цвета для выделения элементов сцены;
- г) соответствующие аппаратные коммуникационные компоненты для реализации быстрых алгоритмов преобразования и хранения признаков объекта;
- д) наличие блоков памяти в виде набора SD-карт с последовательным и параллельным обменом [11].

Кроме того, необходимо наличие видеокамеры с параллельным вводом изображений, с высоким разрешением и хорошей оптикой для обеспечения работы системы с большой дальностью.

Выбор метода, используемого для обнаружения и идентификации объекта на изображениях, зависит от конкретных условий его применения. Например, с задачей распознавания автомобилей в строго ограниченном массиве транспортных средств легко справляется многослойная нейронная сеть. В то же время проблема обнаружения конкретного автомобиля в ансамбле транспортных средств с неопределенным составом требует применения комбинированных методов, отсекающих случаев ложных тревог [12]. В этом случае потребуются многоуровневая система, содержащая множество анализаторов, работающих в разных признаковых пространствах, с подсистемой принятия решений.

При всем многообразии различных алгоритмов и методов распознавания изображений, предлагаемый метод распознавания и окно Win-приложения его программной реализации, представленный на рис. 2, показывает основные компоненты и процессы обнаружения и распознавания ТС:

1. Преобразование исходного изображения в представление, содержащее как структуру объектов, так и семантику визуальных данных.
2. Выделение основных характеристик в виде набора опорных точек и взаимосвязей между ними (контуры, размеры, формы, цвет и т.д.).
3. Классификация ТС по массе и габаритам: ТС менее 3 тонн, от трёх до восьми тонн и свыше восьми тонн.

Кроме этого, построение метода распознавания опирается на априорную информацию о предметной области (в данном случае – характеристики и признаки ТС) и корректируется экспериментальной информацией, появляющейся по ходу разработки алгоритмов.

В связи с этим особую значимость и научно-практический интерес представляет развитие мобильных средств экспресс - обнаружения и анализа ТС с помощью интеллектуальных методов регистрации, обработки и анализа видеoinформации, обеспечивающих получение достоверной информации об требуемых объектах с использованием современных реконфигурируемых систем на кристалле и САПР на их основе.

#### Тестирование метода на примере распознавания ТС

Метод обнаружения и распознавания ТС видеопотока в реальном времени на основе адаптивных триангуляционных сеток базируется на использовании пирамидально-рекурсивного поиска опорных точек.

*Алгоритм распознавания.* Предложенный алгоритм состоит из трех процессов: обучения, сохранения шаблонов в базе видеоданных.

Процесс формирования и хранения признаков объектов изображений происходит следующим образом (рис. 1, 2):

Шаг 1. Преобразование изображения видео фрейма в структурированное изображение.

Шаг 2. Применение к изображению метода модифицированного транспортного алгоритма Виолы–Джонса для поиска и обнаружения ТС.

Шаг 3. Уменьшение размера области ТС до 64×64 пикселей (нормализация).

Шаг 4. формирование к полученному на шаге 3 изображению триангуляционные сетки (регулярных и нерегулярных) признаков объектов.

Шаг 5. Сохранение извлеченных признаков в базе данных.

В процессе распознавания осуществляются шаги 1–4, затем на основе применения метода главных компонент происходит сокращение числа признаков и их сравнение с признаками, хранящимися в базе данных.

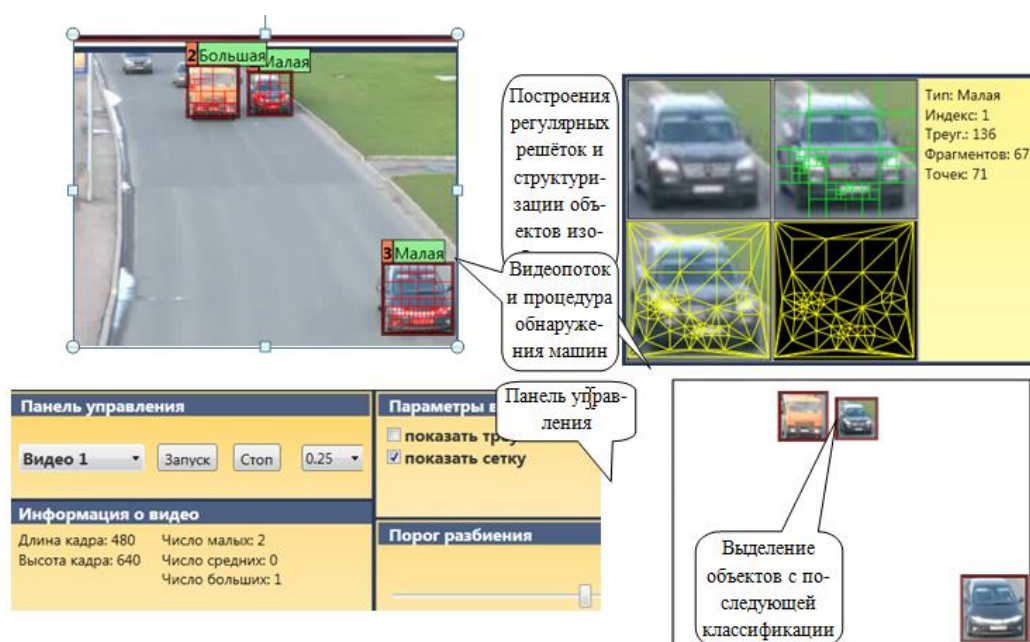


Рисунок 2 – Окно Win-приложения обнаружения и классификации транспортных средств

Численные эксперименты выполнены на основе базы изображений ТС. База содержит 23-25 изображений ТС. При формировании базы данных размер изображений и условия съемки были разными.

В процессе распознавания выполнены шаги 1–4 для обнаружения и распознавания автомобилей, затем на основе применения предложенного авторами, метода Eigenface и метода Fisherface полученные результаты показали увеличения процента правильных (таб.1).

Таблица 1 – Результаты моделирования методов распознавания АТ

Эксперимент	База ТС	Предложенный метод		Метод (Eigenface)		Метод (Fisherface)	
		P, %	N, %	P, %	N, %	P, %	N, %
Эксперимент № 1	Группа из 22 машин (до 3-х тонн)	92, 2	9, 8	85, 2	12, 8	87, 2	14, 8
Эксперимент № 2	Группа из 25 машин (от 3-х до 8-ми тонн)	91, 2	7,3	89, 3	10,7	90, 3	13,7
Эксперимент № 3	Группа из 22 машин (от 8-ми тонн)	93, 1	7,8	88, 3	11,7	91, 3	12,7

P – Процент правильных распознаваний; N – Процент ложных распознаваний.

### Технологии распознавания с использованием современных ПЛИС

В ИПТ РАН совместно с ОА «НИИТ» разработан новый уникальный макет на основе высокопроизводительной системы на кристалле, включающей быстродействующее процессорное ядро (*Cyclone V*) и ПЛИС, содержащее более 6-и миллионов вентилях на одном кристалле (рис. 2).

Макет на базе современной реконфигурируемой системы на кристалле с ядром *Cyclone V* позволяет осуществлять проекты и программные приложения к ним, работающих с большими объемами видеоданных и требующие высокую пропускную способность обмена. Макет имеет расширение с интегрированными трансиверами и контроллерами памяти и подходит для применения в промышленных, проводных и беспроводных системах анализа и распознавания объектов изображений.

Макет включает два модуля (рис. 3): Система на кристалле *Cyclone V* и Контроллер *CYB USB3* позволяющие в реальном времени приём, анализа и передачи видеоинформации. Исследование и реализация сложно-функциональные блоков в качестве компонентов многопроцессорных систем на кристалле возможно благодаря наличию:

- **ПЛИС FPGA:** *Cyclone V*, 49 К программируемых логических элементов, 3080 Kbits встроенной памяти, 1 контроллер Hard Memory; последовательная конфигурационная память EPSC64, на плате установлен USB Blaster (разъем USB3), поддержка JTAG и AS режимов конфигурирования;

- КМОП камера (С разрешением 1024x1024 пикселей изображения);
- модуль предварительной обработки видеоинформации для решения задач распознавания:

- встроенный комплект с ПЛИС *Cyclone V* общего назначения для разработки различных приложений, таких как кодирование и декодирование видео, обнаружение и, распознавание объектов, синтез и анализ комбинированных оптических сигналов нестационарных источников;

- высокоскоростной интерфейс USB3 приемо-передачи видеоинформации.

Транспортные видеосистемы наблюдения активно применяются для обеспечения безопасности важных объектов. Развитие систем искусственного зрения и вычислительной элементной базы с программируемой логикой позволяют автоматизировать процессы видеоналитики, облегчая контроль ситуации в поле зрения видеокамер. Однако, настройка и обслуживание огромного числа видеокамер - крайне сложный и затратный процесс.

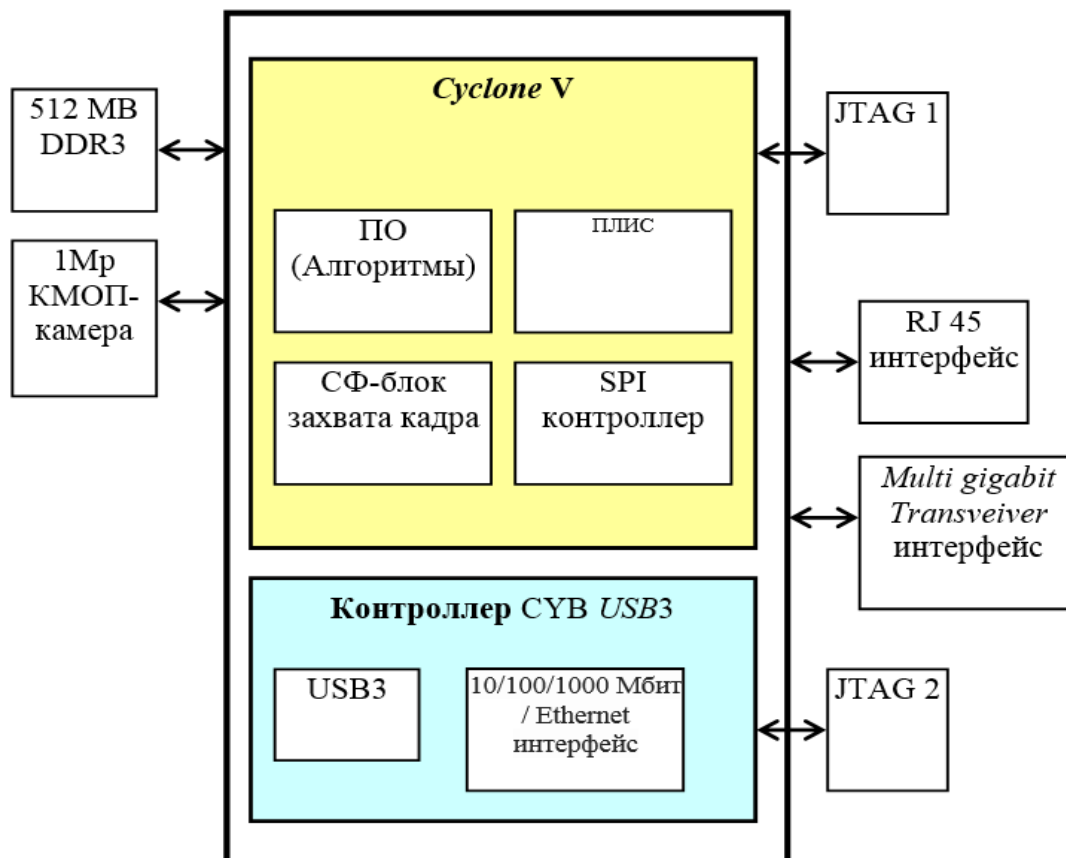


Рисунок 3 – Видеосистема на кристалле распознавания образов

Следовательно, предлагаемые в ИПТ РАН результаты исследования на основе новых методов анализа и технологий позволяют решить выше указанные проблемы тремя способами: во-первых, путём внедрения высокоскоростных ПЛИС, во-вторых, путём создания программного обеспечения камер в режиме панорамного сканирования местности и в-третьих, создания СФ-блоков фрагментов ПО на базе схем с программируемой логикой в составе транспортной видеосистемы на кристалле.

В заключение можно выделить следующие основные выводы:

Принцип параллельного отображения видеoinформации на сегодняшний день является весьма актуальным и остро востребованным на транспорте — органам управления гораздо проще воспринимать видеоданные, когда они представлены параллельно на разных экранах. При этом создание интерфейса и соответствующего программного обеспечения видеоаналитики с целью представления больших объёмов видеоданных и оперативной выдачи соответствующих команд (или сигналов), при весьма ограниченном времени реакции, очень часто ведёт к правильному принятию решения для применения необходимых мер по обеспечению безопасности транспортной сети.

Решение проблем анализа и распознавания требуемых объектов изображений целесообразно выполнить на основе пирамидально-рекурсивного метода поиска и хранения опорных точек для создания и классификации изображений, применительно к транспортной тематике.

Перечисленные методы и технологии решения задач распознавания базируется на парадигме утверждения об априори качественном формируемом цифровом изображении в вычислителе. А в статье выдвигается новый подход к решению этих задач, уже на этапе формирования видеoinформации в самом источнике, базируясь на основах и принципах [14,15] синтеза видеосистем на кристалле и, с учетом максимума качества переданной информации при минимуме информационного риска, включающего ненадежность канала (потерю полезной информации) и избыточную (фоновую) информацию [16].

### Список литературы

1. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Афонин П.Н. Системный подход к построению когнитивных транспортных систем и сетей // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2015. № 4. С. 68-73.
2. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Асаул А.Н., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы // Журнал «Информация и космос». 2016. № 3. С. 8-17.
3. Santu Sardar, Gaurav Tewari, K. A. Babu, «A Hardware/Software Co-design model for Face Recognition using Cognimem Neural Network chip» 2011 International Conference on Image Information Processing (ICIIP 2011).
4. Chao Sui, Ngai Ming Kwok, Tianran Ren, «A Restricted Coulomb Energy (RCE) Neural Network System for Hand Image Segmentation» 2011 Canadian Conference on Computer and Robot Vision.
5. Корякин А.В., Чахонадских А.П. Информационные технологии распознавания человека по цифровым изображениям лица. Выбор оптимального набора признаков // Прикладные проблемы безопасности технических и биологических систем ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем» № 1-2. С. 58-63.
6. Tewari G., Sardar S., and Babu K. A. «High-speed & memory efficient 2-d dwt on xilinx spartan3a dsp using scalable polyphase structure with da for jpeg2000 standard» 3rd International Conference on Electronics Computer Technology (ICECT 2011), Kanyakumari, India, 2011.
7. Fahn C.-S. and Lin Y.-T. «Real-time face recognition techniques used for the interaction between humans and robots» in Computer Symposium (ICS), 2010 International, 2010, pp. 234-239.
8. Lang L., Xia F. and Wang X. «Study of face recognition algorithm based on support support vector machine» in Intelligent Computation Technology and Automation, 2009. ICICTA '09. Second International Conference on, vol. 1, 2009, pp. 702-705.
9. Sinha P., Balas B., Ostrovsky Y. and R. Russell «Face recognition by humans: Nineteen results all computer vision researchers should know about» Proceedings of the IEEE, vol. 94, no. 11, 2006.
10. Цветков О.В. К основам теории кодирования видеоданных при заданной пропускной способности канала // Прикладные проблемы безопасности технических и биологических систем ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем». 2015. № 1-2. С. 69-84.
11. Гаврилов И.А., Мукало Ю.И., Фахми Ш.С и др. Оценка производительности SD-карт на основе технологии «система на кристалле» // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Том 15. № 6. С. 1088-1097.
12. Ranzato Marc'Aurelio, Christopher Poultney, Sumit Chopra and Yann LeCun: Efficient Learning of Sparse Representations with an Energy-Based Model, in J. Platt et al. (Eds), Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS 2006), MIT Press, 2006.
13. Фахми Ш.С., Алексеенко Я.В., Костикова Е.В. Интеллектуальные транспортные видеосистемы на основе технологии «система на кристалле» // Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения. 2015. Вып. 6. С. 130-134.
14. Шаталова Н.В., Фахми Ш.С., Мукало Ю.И., Гаврилов И.А. Обнаружение и распознавание транспортных средств // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. Санкт-Петербург: ИПТ РАН. 2016. С. 187-193.
15. Умбиталиев А.А., Цыцулин А.К., Адамов Д.Ю. и др. Синтез прикладных телевизионных систем, адаптивных к динамике сюжета // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2015. Вып. 3. С. 88-99.
16. Цыцулин А. К., Зубакин И. А. Концепция качества информации в теории связи // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2016. Вып. 4. С. 19-25.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ В ВООРУЖЕННЫЕ СИЛЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Мамей Сергей Александрович* – адъюнкт кафедры технического обеспечения военной академии материально-технического обеспечения

ФГКВОУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева

199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8, [ma-s-ka@bk.ru](mailto:ma-s-ka@bk.ru)

*Болгаров Николай Игоревич* – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры технического обеспечения,

ФГКВОУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева

199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8, [nbolgarov@yandex.ru](mailto:nbolgarov@yandex.ru)

*Аннотация.* Технический прогресс не стоит на месте, а тем более в сфере обеспечения обороноспособности страны. В Вооруженные силы Российской Федерации планомерно поступает все больше новых образцов вооружения и военной техники, доля электронной составляющей, в которых постоянно растет. Высокотехнологичность и сложность в производстве современных образцов вооружения и военной техники выдвигают более высокие требования к эксплуатирующему персоналу и наличию соответствующего диагностического оборудования.

*Ключевые слова:* дистанционная диагностика, удаленная диагностика, Вооруженные силы.

## PROSPECTS OF INTRODUCTION OF REMOTE DIAGNOSIS AND CONTROL IN THE ARMED FORCES OF THE RUSSIAN FEDERATION

*Mamey Sergey A.* – adjunct Department of technical support, Military Academy of logistics Makarova Emb., 8, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, [ma-s-ka@bk.ru](mailto:ma-s-ka@bk.ru)

*Bolgarov Nikolay I.* – PhD in economics, associate Professor of the Department of technical support, Military Academy of logistics

Makarova Emb., 8, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, [nbolgarov@yandex.ru](mailto:nbolgarov@yandex.ru)

*Abstract.* Technological progress does not stand still, let alone in the sphere of ensuring the country's defense capability. The Armed Forces of the Russian Federation systematically receive more and more new models of weapons and military equipment, the share of the electronic component, which is constantly growing. High technology and complexity in the production of modern weapons and military equipment put forward higher requirements for operating personnel and the availability of appropriate diagnostic equipment.

*Keywords:* remote diagnostics, remote diagnostics, Armed forces.

Вместе с увеличивающей долей современных образцов вооружения и военной техники в войсках, возникает проблема в её грамотной эксплуатации, ввиду ее высокой стоимости комплектующих изделий и сравнительно малой ремонтпригодность в условиях войсковой эксплуатации. Что, безусловно, в дальнейшем влияет на сложность поддержания ВВТ в постоянной боевой готовности и безотказной работе.

Одно из решений этой проблемы видится во внедрении в Вооруженных силах Российской Федерации современных средств диагностического контроля, такого как дистанционный контроль образцов ВВТ [1].

В открытых источниках не сложно найти информацию о стоимости новейшей техники для Российской армии. Так, например, новейший Российский танк «Армата» Т-14

Министерству обороны России обойдется в пределах 250-270 млн. рублей, многоцелевой броневедомитель КамАЗ – 63968 «Тайфун-К» в 60 млн. рублей, БМД-4М для воздушно-десантных войск 80 млн. рублей, соответственно не сложно предположить стоимость замены комплектующих деталей и ремонта в результате не правильной эксплуатации машины [2].

Из открытых источников известно, что подобного рода разработками, как дистанционная диагностика, занимается английская корпорация BAE Systems. По заявлению в 2009 году представителей компании «Integrated Vehicle Health Management» [3] – Встроенная система управления состоянием транспортного средства, система, которая позволит круглосуточно контролировать исправность военной техники и делает ее эксплуатацию значительно дешевле.

Действующая в настоящий момент в Вооруженных силах планово-предупредительная система ТО и ремонта малоэффективна, что обусловлено объективными и субъективными факторами. На смену ей придет в обозримом будущем диагностическая система.

Для диагностической системы требуются новые методы исследования и иной математический аппарат. В ее основу положена теория надежности, сочетающая детерминированные и вероятные расчеты. Для полного раскрытия потенциала диагностической системы необходимо глубже изучать и учитывать изменения физических закономерностей отказов, износов и старения деталей в системах.

Все это стало возможно с внедрением в конструкцию машин множества измерительных приборов в комплексе со средствами обработки полученной диагностической информации её накопления и передачи. Активно развивающиеся технологии беспроводной передачи данных позволят получать информацию о фактическом состоянии машин и их комплектующих в режиме реального времени на значительном расстоянии, накапливать и анализировать для совершенствования конструкции машин и эксплуатационных режимов их работы. Процесс получения, накопления и обработки параметров машин с использованием указанных технологий носит название дистанционной (удаленной) диагностики или теледиагностики.

В мировой практике, дистанционная диагностика повсеместно используется на предприятиях. Среднее снижение затрат на техническое обслуживание составляет 15-20 %, экономия топлива при оптимальном использовании составляет 15-30 % (без учета фактов хищения топлива, а с его учетом до 80%) [4,5].

Мировой производитель грузового транспорта Scania предлагает своим клиентам сервис удаленной диагностики Scania Remote Diagnostics [6]. Сервис позволяет мастерским выполнять диагностику на расстоянии, давая возможность заранее получить представление о транспортном средстве. Заблаговременно определив проблему, персонал мастерской начинает целенаправленную подготовку к обслуживанию конкретного автомобиля. Такой подход максимально сокращает время простоя техники, а значит, экономит время и деньги заказчиков.

Такой опыт применения дистанционной (удаленной) диагностики целесообразно было бы применить в армии на военной технике не только при её использовании в мирное время, но и в бою. Возможность удаленной диагностики в бою эффективней всего было рассматривать посредством использования передвижного мобильного комплекса. Комплекс был бы способен считывать дистанционно информацию с ВВТ, о вышедших из строя системах, полученных повреждениях и передавать её по закрытым каналам передачи данных на командный пункт для принятия решения. Имея информацию о техническом состоянии и качественном состоянии полученных повреждениях того или иного изделия, значительно бы позволило снизить риски потерей, вовремя проведении технической разведки на поле боя и давало бы возможность заблаговременной подготовки ремонтным подразделениям к восстановлению вооружения.

#### *Список литературы*

1. Хернер А., Риль Х.Ю. Автомобильная электрика и электроника – М.: ООО Издательство «За рулем». 2013. 624 с.

2. Журнал рейс № 2 статья Обратная связь. С. 22.
3. Электронный ресурс <https://m.lenta.ru/news/2009/09/08/system/>.
4. Электронный ресурс <https://reis.zr.ru> «Скания сервис».
5. Электронный ресурс <https://www.popmech.ru/made-in-russia/211141-nazvana-tsena-tanki-armata/>.
6. Электронный ресурс <https://topwar.ru/67951-broneavtomobil-kamaz-63968-tayfun.html>.

УДК 621.43

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ЭМИССИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВС

**Каминский Валерий Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, Kaminskyvy@yandex.ru

**Мурамович Виктор Григорьевич** – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д.13, murvich@yandex.ru

**Анисимов Павел Фёдорович** – зам. генерального директора ООО «ЭКОСИСТЕМЫ»

198261, Россия, Санкт-Петербург, ул. Бурцева, д. 22, 90, pvmmmt@yandex.ru

Аннотация. Показано, что наибольшее загрязнение атмосферного воздуха происходит в результате эксплуатации автотранспорта, работающего на углеводородном топливе. Утверждается, что одним из направлений улучшения качества моторного топлива является разработка и внедрение молекулярных модификаторов топлива. Предложен метод очистки ОГ с помощью электромагнитного поля и выполнен оценочный расчет его эффективности. Показано, что применение устройств модификации в топливной системе ДВС и в системе выпуска отработавших газов позволит существенно снизить выброс в окружающую среду вредных веществ, и не потребует принципиальных изменений в конструкции двигателей.

Ключевые слова: автотранспорт, двигатель внутреннего сгорания, топливо углеводородное, отработавшие газы, дымность, экологический стандарт, молекулярная модификация топлива.

## MOLECULAR DESTRUCTION AS A WAY TO REDUCE THE TOXICITY OF EXHAUST GASES OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

*Kaminsky Valery Yurievich – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Head of the Laboratory, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, Kaminskyvy@yandex.ru*

*Muramovich Victor Grigorievich – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Leading researcher, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, murvich@yandex.ru*

*Anisimov Pavel Fedorovich. – Deputy General Director, ООО «ECOSYSTEM»*

*Burtsev str., 22, 90 sq, St.Petersburg, 198261, Russian Federation, pvmmmt@yandex.ru*



*Abstract. It is shown that the greatest pollution of atmospheric air is the result of the operation of motor vehicles operating on hydrocarbon fuels. It is alleged that one of the directions of improvement of quality of motor fuels is the development and implementation of molecular modifiers of fuel. The proposed method of cleaning EXHAUST gas using electromagnetic fields and is performed estimated calculation of its efficiency. It is shown that the application of the devices modification to the fuel system of the internal combustion engine and the exhaust system will significantly reduce the emissions of harmful substances and does not require fundamental changes in the design of engines.*

*Keywords: vehicles, the internal combustion engine, hydrocarbon fuel, exhaust gases, smoke, environmental standard, fuel molecular modification.*

1. Воздействие транспорта на окружающую среду. Автомобильный транспорт, играя существенную роль в экономике и жизни людей, является крупнейшим искусственным источником загрязнения атмосферного воздуха. Автотранспорт - это меняющий дислокацию источник загрязнения отработавших газов, поступление которых в атмосферу происходит в условиях городской застройки, что затрудняет их рассеивание и способствует попаданию в зону дыхания людей.

Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха происходит в результате эксплуатации автотранспорта, работающего на углеводородном топливе (бензин и дизельное топливо). В настоящее время в мире насчитывается около 1,2 млрд. единиц транспортных средств.

Ежегодный экологический ущерб в результате функционирования автотранспортного комплекса России достигает 2–3% валового национального продукта: 60% ущерба приходится на долю легкового пассажирского транспорта, 26,5% – на перевозки грузов и 13,5% – на автобусные перевозки [1].

2. Состав отработавших газов. Отработавшие газы ДВС представляют сложную смесь более 300 соединений. В основном это газообразные вещества и небольшое количество твердых частиц во взвешенном состоянии. Газовая смесь включает инертные газы, продукты сгорания и несгоревший окислитель. Вещества в твердой фазе – продукты дегидрирования топлива, металлы и другие несгоревшие вещества. По химическим свойствам компоненты ОГ разделяются на две группы: нетоксичные и токсичные (табл. 1).

Основными нормируемыми токсичными компонентами выхлопных газов двигателей являются оксиды углерода, азота и углеводороды.

3. Экологические стандарты. ЕВРО – это экологический стандарт, ограничивающий допустимый выброс в атмосферу углекислоты, оксида азота, углеводородов, оксида углерода и химических веществ. Стандарты ЕВРО разработаны Европейской экологической комиссией ООН. В частности ЕВРО-1 стал обязательен для всех новых автомобилей, начиная с января 1993 года.

Стандарт запрещал применение этилированного бензина и предписывал уменьшение выбросов СО (оксида углерода) с помощью установки каталитического нейтрализатора выхлопных газов.

ЕВРО – 2 (январь 1996 г.) был направлен на уменьшение количества несгоревших углеводородов в выхлопных газах и повышение КПД бензиновых и дизельных двигателей, а так же ужесточал нормы выбросов СО и соединений азота – NO<sub>x</sub>.

ЕВРО – 3 (январь 2000 г.) обеспечивал дальнейшее сокращение предельных выбросов и ограничивал время прогрева двигателя автомобиля. ЕВРО – 4 (январь 2005 г.) акцентировал внимание производителей на дальнейшем сокращении вредных выбросов от дизельных двигателей – сажи (твердые частицы) и оксидов азота. Для соответствия стандарту некоторые дизельные автомобили оснащались сажевым фильтром. ЕВРО – 5 (сентябрь 2009 г.) ужесточал требования к отработавшим газам при использовании дизельных двигателей. Присутствие сажевого фильтра в выхлопной системе дизельного автомобиля стало обязательным.

Таблица 1 – Примерный состав веществ в отработавших газах ДВС

Компонент	Объемное содержание, %		Энергия связи молекулы, кДж/моль	Примечание
	Бензин	Дизель		
N <sub>2</sub>	74 - 77	76 - 78	942	Не токсичен
O <sub>2</sub>	0,3 – 0,8	2,0 – 18,0	493	Не токсичен
H <sub>2</sub> O	3,0 – 5,5	0,5 – 18,0	460,5	Не токсична
CO <sub>2</sub>	5,0 – 12,0	1,0 – 10,0	347	Не токсичен
CO	0,1 – 10,0	0,01 - 0,5	1070 (949)	Токсична
NO			630	Токсична
NO <sub>2</sub>			439	Токсична
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,2 – 3,0	0,009-0,5	412 (CH <sub>4</sub> ) 335 (CH)	Токсичны
SO <sub>2</sub>	0,0-0,002	0,0 – 0,3	536	Токсична
Сажа	0,04	0,01 – 1,1		Токсична
Бенз(а)пирен (C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> )	до 0,02	до 0,01		Канцерогенен

Так, на этапе ЕВРО-5 по сравнению с требованиями ЕВРО-3 снижение выбросов составило: по оксидам азота ( $NO_x$ ) – в 2,5 раза, по оксиду углерода ( $CO$ ) – в 1,4 раза, по углеводородам ( $CH$ ) – в 1,4 раза, по дисперсным частицам ( $PT$ ), включая сажу – в 5 раз. Согласно ЕВРО-5 предельно допустимые выбросы  $N_xO_x$  ограничены величиной 2 г/(кВт ч).

С 1 сентября 2015 года государства-члены ЕС отказались от производства, продажи и регистрации на своих территориях транспортных средств, не отвечающих нормам стандарта ЕВРО - 6. ЕВРО – 6 (сентябрь 2014 г.) обязателен для автомобилей, выпущенных с сентября 2015 г. Стандарт сокращает выбросы вредных веществ на 67% по сравнению с ЕВРО – 5. Добиться этого, можно только с применением специальных узлов в системе выхлопа автомобиля.

Принятый в 2005 г. первый технический регламент в Российской Федерации [2] ввел понятие «экологический класс транспортных средств», аналогичный понятию «ЕВРО» в европейских странах и установил соответствующий график допуска на рынок автомобилей различных классов.

После вступления в силу этого регламента обновление российского автопарка происходит за счет автомобилей 2-го (ЕВРО-2), а с 2008 г. за счет автомобилей 3-го и более высоких экологических классов. Это касается как новых автомобилей, так и подержанных, ввозимых из-за рубежа.

В России требования к автотранспортным средствам в период эксплуатации, в том числе экологические требования, устанавливает технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств» (приложение 7, раздел 6) [3].

Источником требований в отношении вредных выбросов являются три национальных стандарта — ГОСТ Р 52033-2003, ГОСТ Р 17.2.02.06-1999 и ГОСТ Р 52160-2003, устанавливающие требования для автомобилей, работающих соответственно на бензине, газовом моторном топливе и дизельном топливе.

**4. Способы снижения выхода вредных веществ в ОГ.** Выделим три основных направления снижения содержания вредных веществ в ОГ автомобилей: совершенствование процессов сгорания топлива; повышение качества топлива; очистка ОГ от токсичных и вредных компонентов.

Совершенствование процессов сгорания топлива позволяет улучшить экологию и повысить экономичность ДВС. Это достигается: улучшением смесеобразования, повышением эффективности работы газораспределительного механизма, систем питания и зажигания двигателя. Инструментами, реализующими данное направление, являются внедрение компьютерных технологий в процессы управления работой двигателя (системы впрыска и зажигания управляются электроникой).

В составе топлива энергетическую ценность представляют лишь углерод и водород, при этом углерод образует при неполном сгорании CO, а при полном – CO<sub>2</sub>. В любом топливе содержатся примеси, химические вещества и элементы в связанном или свободном состоянии, которые образуют окислы, нередко токсичные. В первую очередь это соединения серы и азота, являющиеся нежелательным топливным балластом. Повышение качества топлива связано с его очисткой от механических, сернистых и азотных примесей в процессе переработки нефти. Попутно отметим преимущество газообразного топлива, т.к. в нефтяных и природных газах меньше посторонних примесей. Улучшить ряд свойств топлива можно, применив полифункциональные комплексные присадки.

На бензиновых двигателях применяются системы нейтрализации отработавших газов вместе с системами их рециркуляции и системой улавливания паров топлива. Основным элементом системы нейтрализации ОГ – каталитический нейтрализатор, устанавливаемый в выпускной системе двигателя. Каталитический состав содержит благородные металлы: платину, палладий, родий. Современные трёхкомпонентные катализаторы (снижают выбросы трёх основных токсичных компонентов) сочетают две химические функции - окислительную и восстановительную. Нейтрализатор дожигает (окисляет) не полностью сгоревшие частицы топлива и продукты неполного его сгорания (в первую очередь – CO), разделяя их на азот и кислород.

Автомобили высоких экологических классов конструктивно значительно сложнее предшественников. В частности легковые автомобили, укомплектованные двигателем с принудительным воспламенением, оборудуются системами нейтрализации, включающими каталитический окислительный нейтрализатор, систему подачи дополнительного воздуха и систему рециркуляции выпускных газов.

Способы влияния на рабочий процесс для снижения токсичности двигателя, применяемые сегодня, приводят, как правило, к уменьшению его мощности и увеличению расхода топлива.

Ужесточение нормативов на выбросы загрязняющих атмосферу веществ, а так же рост цен на топливо вынуждает производителей искать такие решения, которые одновременно снижают токсичные выбросы и улучшают топливную экономичность, т.е. такие, которые направлены на совершенствование рабочего процесса путем воздействия на термодинамику горения топлива в цилиндре двигателя.

5. Молекулярная модификация топлива и дезинтеграция ОГ. Одним из направлений улучшения качества моторного топлива является разработка и внедрение молекулярных модификаторов моторного топлива (ММТ). Назначение ММТ заключается в уменьшении коэффициента поверхностного натяжения и увеличении теплоты сгорания топлива [4]. В результате изменения химической структуры топливо эффективно распыляется, повышается однородность топливно-воздушной смеси и качество её горения. В конечном итоге это приводит к уменьшению удельного расхода топлива и улучшению экологических показателей двигателя.

Внедрение молекулярных модификаторов топлива (ММТ) на дизельных двигателях заметно улучшает их экологические характеристики, существенно снижая удельные расходы топлива. Для иллюстрации в таблице 2 показано изменение экологических и экономических характеристик дизельного двигателя ЯМЗ-238 после установки ММТ, зафиксированных в ходе стендовых испытаний [5].

Применение модификатора позволяет существенно понизить в отработавших газах двигателя концентрации всех вредных веществ, кроме оксидов азота, а также значительно уменьшить дымность двигателя.

Таблица 2 – Усредненные эффекты использования ММТ, (%)

Изменение характеристик двигателя после установки устройства модификации					
Расход топлива	Эффективный КПД	CO	CH	NO <sub>x</sub>	Дым
- 6,2	+ 6,2	- 5,4	- 6,8	+ 5,3	- 24,0

В таблице 3 приведены результаты испытания городских автобусов с модификаторами топлива, выполненные по заказу ГУП «Пассажиравтотранс» г. Санкт-Петербурга, в которых, по требованию заказчика, измерялась только дымность двигателей автобусов.

Таблица 3 – Изменение дымности ДВС городских автобусов ЛИАЗ с дизельными двигателями

Транспортное средство			Двигатель		Результаты измерений, $K_{cp}, M^{-1}$			Изменение дымности
Марка ТС	Гараж, №	Пробег, км	Тип	Год выпуска	Замер 1 (без ММТ)	Замер 2 (с ММТ)	Замер 3 (с ММТ)	%
ЛиАЗ 62132	5302	374232	MAN	2009	0,530	0,430	0,369	-30,4
ЛиАЗ 62132	5305	387965	MAN	2010	0,613	0,138	0,250	-59,2
ЛиАЗ 62132	5306	470460	MAN	2010	1,041	0,302	0,126	-87,9
ЛиАЗ 62132	5307	381316	MAN	2010	2,328	1,973	1,282	-44,9
ЛиАЗ 62132	5400	534565	MAN	2010	3,574	2,488	1,960	-45,2
ЛиАЗ 62132	5404	379050	MAN	2010	7,372	1,506	0,836	-88,7
ЛиАЗ 62132	5411	488805	MAN	2008	0,816	0,411	0,302	-63,0
ЛиАЗ 62132	5415	490104	MAN	2008	0,305	0,286	0,247	-19,0
ЛиАЗ 62132	5511	425301	MAN	2010	3,044	0,501	0,441	-85,5
ЛиАЗ 62132	5512	399852	MAN	2010	2,666	0,549	0,280	-89,5
ЛиАЗ 62132	5514	483342	MAN	2008	0,408	0,305	0,321	-21,3
ЛиАЗ 62132	5531	456423	MAN	2010	1,821	1,579	1,067	-41,4
ЛиАЗ 5292	2398	140438	ЯМЗ	2014	1,607	1,258	1,067	-34,6
ЛиАЗ 5292	2645	130837	ЯМЗ	2014	1,119	0,678	0,559	-50,0
Среднее значение уменьшения дымности отработавших газов								-55,8

Оксиды азота образуются в цилиндрах двигателя при температурах, превышающих  $1200^{\circ}C$ . Повышение концентрации оксидов азота (табл. 2) при установке молекулярного модификатора объясняется увеличением теплоты сгорания топлива и, следовательно, повышением температуры в цилиндрах, кроме того, при меньшем расходе топлива растёт коэффициент избытка воздуха.

Одним из способов уменьшения концентрации оксидов азота в отработавших газах дизельных двигателей может быть уменьшение наддува путём снижения производительности турбины. Несомненно, такая мера является ограниченной, поскольку лишь возвращает концентрацию оксидов азота к первоначальному значению (до установки модификатора топлива).

Радикального снижения концентрации оксидов азота можно достичь, установив устройство, аналогичное ММТ (назовем его молекулярным дезинтегратором – МД) в систему выпуска отработавших газов.

Воздействие электромагнитного поля на молекулы углеводородов приводит к разрыву в них межатомных связей [6–8]. МД генерирует электромагнитное поле, которое, взаимодействуя с молекулами оксидов азота ( $NO_x$ ), способно разрушать межатомные связи. Покажем это, выполнив простой расчет.

В отработавших газах присутствуют молекулы веществ, представленные в таблице 1. После установки молекулярного дезинтегратора, воздействующего электрическим полем на отработавшие газы в выпускном тракте двигателя, электрическое поле будет возбуждать все молекулы, а такие как  $O_2$ ,  $NO$  и  $NO_2$  будет подвергать деструкции. Из указанных молекул наибольшей энергией связи обладают молекулы  $NO$ . Допустим, что отработавшие газы полностью состоят из оксида азота, поэтому дальнейший расчет производится с учётом энергии связи этой молекулы.

Итак, общее число молекул в одном моле отработавших газов составляет:

$N_{Av} = N_{Bv} = 6,022 \cdot 10^{23}$  моль $^{-1} \approx 2,7 \cdot 10^{22}$  литр $^{-1}$ , где  $N_{Av}$  – число Авогадро;  $N_{Bv}$  – общее число молекул в отработавших газах.

Энергия связи молекул оксида азота  $E_{NO}$  составляет  $6,3 \cdot 10^5$  Дж/моль, что в пересчете на одну молекулу дает:  $E_{св} = 1,05 \cdot 10^{-20}$  Дж.

Считая, что дизельный двигатель ЯМЗ-238 имеет часовой расход топлива 38 литров в час и соотношение топливо-воздух составляет 1:15, получим часовой расход воздуха 570 литров в час, а объем отработавших газов  $V = 608$  литров в час или 0,17 литров в секунду.

При работе данного двигателя на номинальной мощности секундный выброс молекул оксида азота составит:

$$N_{\text{NO}} = V \cdot N_{\text{BV}} = 1,7 \cdot 10^{-1} \cdot 2,7 \cdot 10^{22} = 4,59 \cdot 10^{21} \text{ с}^{-1}.$$

Рассмотрим возможность очистки отработавших газов двигателя ЯМЗ-238 от оксидов азота при помощи электрического поля.

Энергия импульса электрического поля в прямоугольной камере с 20-ю плоскопараллельными электродами ( $n$ ), размером  $h = 0,1$  м и  $\ell = 0,3$  м при напряжении на электродах  $U = 2000$  вольт составит:

$E_{\text{п}} = nh\ell\epsilon_0\epsilon U^2/2 = 20 \cdot 0,1 \cdot 0,3 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 2000^2/2 = 1,06 \cdot 10^{-4}$  Дж., где:  $\epsilon$ ,  $\epsilon_0$  – относительная и абсолютная диэлектрическая проницаемость среды.

При энергии деструкции одной молекулы равной  $1,05 \cdot 10^{-20}$  Дж, число молекул, разрушенных одним импульсом поля, будет:

$N_{\text{д}}^{\text{имп}} = E_{\text{п}}/E_{\text{св}} = 1,06 \cdot 10^{-4} / 1,05 \cdot 10^{-20} \approx 1,01 \cdot 10^{16}$  молекул, а скорость их разрушения при частоте поля 20 кГц составит:

$$N_{\text{д}}^* = N_{\text{д}}^{\text{имп}} f_{\text{п}} = 1,01 \cdot 10^{16} \cdot 2 \cdot 10^4 = 2,02 \cdot 10^{20} \text{ с}^{-1}.$$

Допустим объем камеры молекулярного дезинтегратора будет:

$$V_{\text{к}} = \ell \cdot h \cdot d = 0,3 \cdot 0,1 \cdot 0,15 = 0,003 \text{ м}^3 = 4,5 \text{ литра}.$$

Время нахождения выхлопных газов в камере:  $t = V_{\text{к}}/V = 4,5/0,17 = 26,5$  с.

За время нахождения в камере электрическим полем будет разрушено число молекул, равное:

$$N_{\text{д}} = N_{\text{д}}^* \cdot t = 2,02 \cdot 10^{20} \cdot 26,5 = 5,35 \cdot 10^{21}.$$

Тогда число оставшихся молекул оксида азота в отработавших газах, составит

$$N_{\text{NO}} - N_{\text{д}} = 4,59 \cdot 10^{21} - 5,35 \cdot 10^{21} < 0.$$

Другими словами молекул оксида азота в отработавших газах не остается.

Заключение. Применение устройств модификации в топливной системе ДВС и в системе выпуска отработавших газов позволит существенно снизить выброс в окружающую среду вредных веществ. При этом необходимо отметить, что установка устройств модификации и дезинтеграции не потребует:

- принципиальных изменений в конструкциях систем двигателей внутреннего сгорания;
- не потребует расходных материалов и при этом имеет неограниченный ресурс эксплуатации;
- позволит обеспечить «чистый» выхлоп даже для очень старых двигателей, далеких от стандартов ЕВРО.

#### *Список литературы*

1. Мирзоева Ф.М., Шекихачева З.З. Проблемы экологической обстановки на автомобильном транспорте в российской федерации // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11-12. С. 2665-2668. URL:<https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=36042> (дата обращения: 07.09.2017).

2. Технический регламент «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ» (в ред. постановлений Правительства РФ от 21.04.2008 г. № 609, от 27.11.2006 № 718, от 26.11.2009 № 956).

3. Технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств» (Постановление Правительства РФ от 23.09.2009 г. № 720).

4. Мурамович В.Г., Анисимов П.Ф., Туев С.В. Молекулярный модификатор топлива как инструмент улучшения экономических и экологических показателей ДВС // *Автомобильная промышленность*. 2012. № 4. С. 26-28.

5. Шабанов А.Ю. Экспериментальное исследование влияния устройства «Молекулярный модификатор топлива (ММТ)» на экономические и экологические показатели автомо-

бильных двигателей. / А.Ю.Шабанов, А.Б. Зайцев // Отчет по НИР ФГОУ ВО СПбПУ. № ГР 200301001. 2010. 71 с.

6. Мурамович В.Г., Каминский В.Ю. Применение молекулярных модификаторов для восстановления физико-химических характеристик органических теплоносителей // Инновации и инвестиции. 2014. № 3. С. 226-228.

7. Каминский В.Ю., Мурамович В.Г. Молекулярная модификация жидкого ракетного топлива // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2016. № 1 (91). С. 56-59.

8. Каминский В.Ю., Мурамович В.Г., Анисимов П.Ф. Применение молекулярных модификаторов топлива на транспорте // Транспорт Российской Федерации. 2016. № 6. С. 46-49.

УДК 681.326.74.06

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Копкин Евгений Вениаминович – доктор технических наук, профессор кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, kopkins@mail.ru*

*Аннотация.* Целью работы является повышение ресурса работы основных деталей в подвижных сопряжениях механизмов поршневых двигателей внутреннего сгорания пожарно-спасательных автомобилей путем модернизации системы смазки двигателей за счет внедрения автоматизированной системы управления электроприводным масляным насосом с электронагревательным устройством, совмещенной со штатным электронным блоком управления двигателем. В рамках моделирования этой системы предложена модель объекта управления и обладающая научной новизной процедура преобразования модельных значений контролируемых признаков, представленных нормально распределенными вещественными числами, в интервалы на вещественной числовой оси на основе использования метрики Махалонобиса. Особую значимость предложенная модернизация двигателей будет иметь при эксплуатации пожарно-спасательных автомобилей в условиях низких температур.

*Ключевые слова:* эксплуатация, ресурс работы деталей подвижных сопряжений двигателя, пусковое изнашивание деталей, автоматизированная система управления, модель объекта управления, контролируемый признак, расстояние Махалонобиса.

## **AUTOMATION OF CONTROL PROCESS OF THE ENGINES LUBRICATION SYSTEMS OF THE FIRE AND RESCUE VEHICLES**

*Kopkin Evgeniy V. – Ph.D., Professor of Department of Retraining and Advanced Training of Specialists, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moscovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, kopkins@mail.ru*

*Abstract.* The purpose of article is an increase of resource of essential details in mobile mates mechanisms reciprocating internal combustion engines, fire and rescue vehicles due to implementation of automated control system of the electric drive of the oil pump with electroheating device, combined with a regular electronic engine control unit. At modelling of this system is offered the model of control object and possessing scientific novelty procedure of transformation of modeling values of the controlled signs, presented by normally distributed real numbers, in intervals on a real numerical axis on the basis of use of the Mahalonobis metric. The offered engines moderniza-

*tion will have the special importance at operation of the fire and rescue vehicles in the condition of low temperatures.*

*Keywords: exploitation, resource of operation of details of mobile connections of engine, start-up wear of the parts, control object model, automated control system, controlled sign, Mahalonobis distance.*

Одним из основных направлений по повышению эффективности эксплуатации технических средств Государственной противопожарной службы МЧС России является улучшение надежности, долговечности и экономичности пожарно-спасательных и аварийно-спасательных автомобилей [1,2].

Поступающие на укомплектование частей пожарно-спасательные и аварийно-спасательные автомобили характеризуются повышенными тактико-техническими характеристиками с увеличением удельной мощности. Вместе с тем эксплуатация пожарно-спасательных автомобилей по сравнению с транспортными автомобилями характеризуется значительными особенностями, вытекающими из оперативного решения задач пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ.

При выезде автомобилей двигатель, агрегаты трансмиссии пожарно-спасательного автомобиля включаются в работу в максимально нагруженном режиме без предварительного прогрева, находятся по пути следования в режиме прогрева [3]. Потеря динамических показателей автомобиля из-за пониженного теплового состояния двигателя, агрегатов трансмиссии при выезде и начальном движении предопределяет эксплуатацию двигателей пожарно-спасательных автомобилей на повышенных оборотах и с максимальной нагрузкой.

Эти факторы прямо сказываются на долговечности (ресурсе работы) и надежности двигателей автомобилей. Задачи по приспособленности двигателей к таким режимам эксплуатации являются актуальными, непосредственно влияющими на повышение эксплуатационных свойств пожарно-спасательных автомобилей.

Практика эксплуатации автомобилей показывает, что ресурс работы, объем ремонтных работ автомобильных двигателей определяется, как правило, интенсивностью изнашивания подвижных сопряжений кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов. Значимыми подвижными сопряжениями, с позиции ресурса, являются детали цилиндропоршневой группы, шатунные и коренные подшипники скольжения, шейки коленчатого вала, опорные подшипники и шейки распределительных валов газораспределительного механизма [4].

Ускоренное изнашивание подвижных сопряжений характерно для условий низкотемпературного и форсированного пуска, состоящего из стадий запуска и прогрева, отличающегося существенными отклонениями параметров смазочного процесса от номинальных значений.

Основной эксплуатационной причиной повышенного изнашивания и возникновения отказов подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей следует считать нарушение условий смазки. При недостаточном давлении масла на входе в подшипник могут нарушаться условия гидродинамического трения, в результате толщина масляного слоя может стать ниже критической, что резко повысит изнашивание и вероятность разрушения поверхностного антифрикционного слоя вкладышей.

Снижение пусковых и эксплуатационных износов ответственных подвижных сопряжений двигателя при прогреве возможно при разработке и применении системы по поддержанию оптимального теплового режима двигателя и подобранных режимов работы (обороты и нагрузка двигателя) во время прогрева.

Как отмечено в работе [5], в качестве такой системы можно рассмотреть автоматизированную систему управления работой электроприводного масляного насоса и электронного нагревательного устройства разогрева масла, совмещенную со штатным электронным блоком управления двигателем.

При разработке такой системы необходимо, прежде всего, синтезировать модели объекта и процесса управления. Объектом управления в данном случае является система «Элек-

тропроводный масляный насос с электронагревательным устройством разогрева масла». Процесс управления – смазочный процесс пуска-прогрева двигателя.

Для описания модели объекта управления необходимо задать следующие множества:  $S = \{S_i | i = \overline{1, m}\}$  – множество состояний объекта управления (в качестве таких состояний можно рассматривать различные режимы функционирования объекта управления);  $\Pi = \{\pi_j | j = \overline{1, n}\}$  – множество контролируемых признаков, на котором все состояния  $S_i$  являются попарно различимыми;  $\Sigma = \{\sigma_{ij} | i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}\}$  – множество модельных значений признаков  $\pi_j \in \Pi$  в состояниях  $S_i \in S$ . Модельными значениями  $i$ -го состояния являются элементы транспонированного  $n$ -мерного вектора  $\Sigma_{\langle n \rangle i} = [\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{in}]^T$ , которыми это состояние задается, а значения  $\sigma_{ij}$  ( $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$ ) представляют собой вещественные числа, имеющие, в общем случае различную физическую размерность.

В общем случае такая модель может быть задана в виде таблицы состояний (табл. 1), строками которой являются вектора  $\Sigma_{\langle n \rangle i}$ , а столбцами – контролируемые признаки  $\pi_j$ .

Таблица 1 – Таблица состояний объекта управления

Состояния $S_i$	Признаки $\pi_j$			
	$\pi_1$	$\pi_2$	...	$\pi_n$
$S_1$	$\sigma_{11}$	$\sigma_{12}$	...	$\sigma_{1n}$
$S_2$	$\sigma_{21}$	$\sigma_{22}$	...	$\sigma_{2n}$
...	...	...	...	...
$S_m$	$\sigma_{m1}$	$\sigma_{m2}$	...	$\sigma_{mn}$

Задача управления заключается в идентификации наблюдаемого конкретного состояния объекта с одним из заранее полученных модельных состояний и выработке соответствующего управляющего воздействия, обеспечивающего наилучший режим работы двигателя. Конкретное состояние объекта определяется в результате сопоставления измеренного значения  $y_j$  контролируемого признака  $\pi_j$  с его модельным значением  $\sigma_{ij}$ .

Если модельные значения признаков представляют собой вещественные числа, то совпадение значений  $y_j$  и  $\sigma_{ij}$  отсутствует (вероятность данного события равна нулю). Речь может идти лишь о попадании измеренного значения  $y_j$  в некоторый интервал  $l_{ij}$ , соотнесенный с  $i$ -м состоянием объекта.

Другими словами, задача заключается в преобразовании множества  $\Sigma = \{\sigma_{ij} | i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}\}$  к множеству  $L = \{l_{ij} | i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}\}$  интервалов вещественной числовой оси, в котором каждый интервал  $l_{ij} \in L$  характеризует возможный разброс измеренных значений  $y_j$  признака  $\pi_j$  в  $i$ -м состоянии. Кроме того, необходимо определить границы интервалов для всех признаков во всех заданных состояниях с таким расчетом, чтобы обеспечить различимость этих состояний по совокупности контролируемых признаков.

Очевидно, что реальное значение  $y_j$  признака  $\pi_j$  не может выходить за пределы интервала  $l_{ij}$  при условии, если объект находится в состоянии  $S_i$ . Однако, это не означает, что данное значение  $y_j$  должно находиться только в одном из интервалов  $l_{ij}$ . Так как интервалы  $l_{ij}$ , соответствующие одному и тому же признаку  $\pi_j$ , могут пересекаться в разных состояниях  $S_i$  объекта, то значение  $y_j$  может попадать в несколько интервалов.

Наблюдаемое состояние  $Y_{\langle n \rangle}$  объекта будем рассматривать как некоторую точку в  $n$ -мерном евклидовом пространстве. Аналогично каждое модельное состояние  $\Sigma_{\langle n \rangle i} \in S$  – как  $i$ -ю точку этого пространства. Каждому состоянию  $S_i$  можно поставить в соответствие выпуклое многомерное множество (замкнутый параллелепипед)  $L_i$ , любая внутренняя точка  $Y_{\langle n \rangle}$  которого соответствует  $i$ -му состоянию объекта [6].



При нормальном законе распределения и различной физической размерности измеряемых значений признаков, в качестве области  $L_i$  можно рассматривать замкнутый эллипсоид с центром в точке  $S_i$ .

Если спроецировать ось эллипсоида, расположенную на прямой, соединяющей точку  $S_i$  с максимально удаленной от нее точкой  $S_f$ , на  $j$ -ю координатную ось, то получим отрезок  $l_{ij}$ , «внутренность» которого и является искомым интервалом. Очевидно, что середина отрезка совпадает с точкой, соответствующей заданному модельному значению  $\sigma_{ij}$  признака  $\pi_j$  в  $i$ -м состоянии.

Для вычисления расстояний между векторами модельных значений признаков воспользуемся метрикой Махалонобиса [7]:

$$d_m(\Sigma_{\langle n \rangle i}, \Sigma_{\langle n \rangle f}) = d_{if} = \sqrt{(\Sigma_{\langle n \rangle i} - \Sigma_{\langle n \rangle f})^T \mathbf{C}_{[n]}^{-1} (\Sigma_{\langle n \rangle i} - \Sigma_{\langle n \rangle f})}, \quad (1)$$

где  $\mathbf{C}_{[n]}$  – ковариационная матрица, которую можно вычислить в соответствии с выражением

$$\mathbf{C}_{[n]} = \frac{1}{m-1} \mathbf{W}_{[m,n]}^T \mathbf{W}_{[m,n]}. \quad (2)$$

В этом выражении  $\mathbf{W}_{[m,n]}$  представляет собой центрированную матрицу данных, элементы  $w_{ij}$  которой определяются по формуле

$$w_{ij} = \sigma_{ij} - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sigma_{ij} \quad (i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}). \quad (3)$$

Из рассчитанных расстояний  $d_{if}$  между всеми парами векторов  $\Sigma_{\langle n \rangle i}$  и  $\Sigma_{\langle n \rangle f}$  несложно составить квадратную симметричную матрицу  $\mathbf{D}_{[m]}$ , на главной диагонали которой будут нули, и определить максимально удаленные друг от друга вектора состояний.

Таким образом, для определения искомого отрезка  $l_{ij}$  достаточно по формулам (1), (2) и (3) найти пару точек  $S_i$  и  $S_f$ , для которых значение  $d_{if}$  максимально, и вычислить разброс измеренных значений  $j$ -го признака в  $i$ -м состоянии, используя выражение

$$\Delta_{ij} = 0,5 |\sigma_{ij} - \sigma_{jf}|. \quad (4)$$

Тогда левая и правая границы искомого отрезка для каждого  $j$ -го признака в  $i$ -м состоянии определяются по формулам:

$$l_{ij}^{\text{л}} = \sigma_{ij} - \Delta_{ij}; \quad l_{ij}^{\text{п}} = \sigma_{ij} + \Delta_{ij}. \quad (5)$$

Найденные отрезки  $l_{ij}$  в совокупности образуют множество  $L = \{l_{ij} \mid i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}\}$ . Каждый отрезок  $l_{ij} \in L$  характеризует возможный разброс значений  $j$ -го признака в  $i$ -м состоянии объекта управления.

Процедура определения интервалов  $l_{ij} \in L$  из модельных значений  $\sigma_{ij} \in \Sigma$  заключается в выполнении ряда последовательных шагов.

Шаг 1. Центрирование исходной матрицы данных (таблицы состояний) по формуле (3) для получения матрицы  $\mathbf{W}_{[m,n]}$ .

Шаг 2. Вычисление ковариационной матрицы  $\mathbf{C}_{[n]}$  по формуле (2).

Шаг 3. Вычисление обратной ковариационной матрицы  $\mathbf{C}_{[n]}^{-1}$ .

Шаг 4. Вычисление попарных разностей  $(\Sigma_{\langle n \rangle i} - \Sigma_{\langle n \rangle f})$  между векторами модельных значений признаков  $(i, f = \overline{1, m}; i \neq f)$ .

Шаг 5. Вычисление расстояний Махаланобиса  $d_{if}$  между векторами  $\Sigma_{\langle n \rangle i}$  и  $\Sigma_{\langle n \rangle f}$  по формуле (1) и составление матрицы межклассовых расстояний  $\mathbf{D}_{[m]}$ .

Шаг 6. Вычисление границ интервалов  $l_{ij}$ .

6.1. Определение с помощью составленной на шаге 5 матрицы  $\mathbf{D}_{[m]}$  для каждого из векторов  $\Sigma_{\langle n \rangle i}$  наиболее удаленного от него класса  $\Sigma_{\langle n \rangle f}$ .

6.2. Вычисление по формуле (4) разбросов  $\Delta_{ij}$  измеренных значений  $j$ -го признака в  $i$ -м состоянии.

6.3. Определение левых  $l_{ij}^{\text{л}}$  и правых  $l_{ij}^{\text{п}}$  границ искомым интервалов  $l_{ij}$  по формуле (5).

Шаг 7. Формирование из полученных интервалов множества  $L = \{l_{ij} | i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}\}$  и таблицы состояний, которую можно представить в виде табл. 2.

Таблица 2 – Таблица состояний объекта управления

Состояния $S_i$	Признаки $\pi_j$			
	$\pi_1$	$\pi_2$	...	$\pi_n$
$S_1$	$l_{11}$	$l_{12}$	...	$l_{1n}$
$S_2$	$l_{21}$	$l_{22}$	...	$l_{2n}$
...	...	...	...	...
$S_m$	$l_{m1}$	$l_{m2}$	...	$l_{mn}$

Сформированная таким образом модель объекта управления позволяет построить соответствующую модель процесса управления, необходимую для создания автоматизированной системы управления работой электроприводного масляного насоса и электронагревательного устройства разогрева масла, совмещенной со штатным электронным блоком управления двигателем.

Применение в системе смазки двигателей электроприводного масляного насоса и электронагревательного устройства разогрева масла, управляемых автоматизированным способом, будет существенно способствовать повышению эксплуатационных свойств пожарно-спасательных автомобилей, повысит ресурс и надежность работы двигателей этих машин. Особую значимость данная модернизация двигателей будет иметь при эксплуатации пожарно-спасательных автомобилей в условиях низких температур.

#### Список литературы

1. Основные направления развития пожарной техники в системе Государственной противопожарной службы: учеб. пособие / М.В. Алешков [и др.] / М.: Акад. ГПС МЧС России. 2010. 267 с.
2. Пивоваров В.В. Совершенствование парка пожарных автомобилей России / М.: ВНИИПО. 2006. 194 с.
3. Пожарная техника: учебник / под ред. М.Д. Безбородько / М.: Акад. ГПС МЧС России. 2004. 550 с.
4. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей / 4-е изд. М.: Высш. шк. 2008. 496 с.
5. Иванов А.Ю., Копкин Е.В., Печурин А.А. Повышение эксплуатационных свойств пожарно-спасательных автомобилей // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2017. № 2. С. 21-27.

6. Дмитриев А.К., Кравченко И.Д. Модель процесса диагностирования технического объекта при использовании непрерывных диагностических признаков // Изв. ВУЗов. Приборостроение. 1994. № 11–12. С. 3-9.

7. Дюран Б., Оделл П. Кластерный анализ / Пер. с англ. Е. З. Демиденко. Под ред. А.Я. Боярского / М.: Статистика. 1977. 128 с.

УДК 656.13(1-21): 621.43.06:504.3.064.36:338.14

## **НАТУРНЫЕ И ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УГАРНОГО ГАЗА ВБЛИЗИ МОДЕЛЬНОГО ЛОКАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ГОРЕНИЯ ТОРФА**

*Ложкина Ольга Владимировна* – кандидат химических наук, доцент,  
*olojkina@yandex.ru*

*Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, olojkina@yandex.ru*

*Ложкин Владимир Николаевич* – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации

*Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, vnlojkin@yandex.ru*

*Кобелев Евгений Сергеевич* – курсант

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, evgenser1997@gmail.com*

*Аннотация.* В статье представлены результаты натурного и численного исследования распространения СО вблизи модельного локального источника горения торфа, которые предполагается использовать для физического и математического моделирования загрязнения воздуха угарным газом от торфяного пожара в окрестности автомагистрали с целью прогнозирования чрезвычайных экологических и дорожно-транспортных последствий.

*Ключевые слова:* торфяной пожар, автотранспортный процесс, экспериментальное и численное моделирование.

## **FIELD AND NUMERICAL STUDY OF DISTRIBUTION OF CARBON MONOXIDE NEAR A MODELED SOURCE OF BURNING PEAT**

*Lozhkina Olga Vl. – Ass. Prof., PhD in Sci. Chem.,*

*St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation*

*Lozhkin Vladimir N. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored scientist of the Russian Federation, St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, vnlojkin@yandex.ru*

*Kobelev Evgeniy – student, St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, evgenser1997@gmail.com*

*Abstract.* The present paper describes the results of field and numerical investigations of CO-dispersion in the area of the modelled source of burning peat. The results are supposed to be used for the physical and mathematical modeling of peat fire-related air pollution near a motor road in order to forecast adverse environmental and traffic consequences.

*Keywords: peat fire, road transportation, experimental and numerical modelling.*

На Западно-Сибирской равнине сосредоточены крупнейшие массивы лесов, болот и торфяников, которые охватывают территорию в 1 млн. км<sup>2</sup>. Заболоченность доходит до 70%, мощность торфяной залежи достигает 4-6 м, а местами 10 м и более. Заболоченные земли периодически становятся очагами масштабных пожаров, причиняющих существенный ущерб природе и населению [1,2]. С интенсивным развитием дорожной сети в Сибири многие болота осушались, что сделало торфяные залежи потенциальным источником крупных пожаров. Большая часть дорог и прилегающих населенных пунктов расположены в лесных массивах и на заболоченных территориях, что представляет скрытую пожарную опасность как для участников дорожного движения, так и населения. Горение торфа происходит под землей без открытого огня при недостатке кислорода с обильным выделением угарного газа (СО). Если торфяной пожар развивается в окрестности автомагистрали, то смог уменьшает видимость, его токсичные компоненты оказывают негативное влияние на самочувствие водителей и пассажиров, что в целом приводит к повышению риска возникновения дорожно-транспортных происшествий и даже к чрезвычайной ситуации – транспортному коллапсу.

Такая чрезвычайная ситуация (ЧС) сложилась в Иркутской области РФ при длительном горении торфа вблизи автомагистрали «Сибирь», продолжавшегося с 26.10.15 г. по 07.01.16 г (рис. 1 а и б).



*Рисунок 1 – Чрезвычайная ситуация на федеральной автомагистрали Р -255 «Сибирь», вызванная торфяным пожаром в осенне-зимний период 2015-2016 годов*

Организация мониторинга и прогнозирования таких ЧС и разработка соответствующего экспериментально-расчетного методического обеспечения становятся актуальными задачами, решение которых позволит обоснованно оценивать опасное воздействие токсичных продуктов горения торфяного пожара на население, автотранспортный процесс, загрязнение атмосферы [3]. Математические модели требуют верификации относительно результатов экспериментальных измерений. В условиях реального подземного торфяного пожара продукты сгорания из-под земли прорываются из локальных очагов, экспериментальное исследование распространения токсичных газов от которых невозможно из-за опасности провала. В статье рассматривается возможность получения такой информации на модельном источнике горения торфа.

Экспериментальное моделирование источника локального выброса в атмосферу продуктов горения торфа. Экспериментальное моделирование торфяного пожара проводилось на открытом воздухе с использованием 25 кг природного торфа, отобранного в Ленинградской области и спрессованного в брикеты (рис. 2 а). Образец торфа был положен на огнеупорную подложку и разожжен с использованием древесного угля (рис. 2 б). Торф тлел в режиме беспламенного горения в течение 40 минут. Место горения рассматривалось в качестве нулевой координаты, относительно которой определялись точки измерений концентраций токсичных веществ.

Измерение содержания СО на разном удалении от моделируемого локального источника выброса токсичных веществ от горящего торфа проводили при горении торфяных брикетов режиме «тления» с использованием двух типов газоанализаторов. Прибор Testo-330-2LL предназначен для определения содержания СО в горючих газах, и с его помощью определялась концентрация оксида углерода на минимальном удалении от источника. Прибор ПГА-200 оснащен более чувствительным детектором, и он использовался для измерения СО на удалении от 1,5 до нескольких метров от источника. Скорость ветра измеряли с помощью анемометра АТЕ-1033. Скорость ветра во время эксперимента колебалась в пределах 3-5 м/с.



*Рисунок 2 – Экспериментальное моделирование источника локального выброса в атмосферу продуктов горения торфа*

Численное моделирование распространения угарного газа в окрестности модельного источника выброса СО осуществлялось с помощью К-модели, построенной на решении уравнения турбулентной диффузии, на которой основана «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86)» [4], широко апробированная в России и за рубежом [5].

Из структуры уравнений атмосферной диффузии следует, что при фиксированных параметрах источника сохраняющейся примеси изменение ее концентрации в атмосфере над торфяником при его горении определяется турбулентным обменом и скоростью ветра. При прогнозе загрязнения воздуха в окрестности автомагистрали основной интерес представляет определение ожидаемых концентраций у поверхности, в «жизнедеятельном» слое атмосферы. При «стилизации» торфяного пожара площадным источником расчет полей концентраций СО можно свести к упрощенной эмпирической формуле, полученной сотрудниками ГГО им А. И. Воейкова [1]:

$$C_M = \frac{AMFm\eta}{H^2(V_1\Delta T)^{1/3}}, \quad (1)$$

где  $C_M$  – концентрация СО, г/м<sup>3</sup>;  $M$  – мощность источника загрязнения, г/с;  $\Delta T$  – разность температур, °С;  $F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость метаболизма СО в атмосфере;  $A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы,  $V_1$  – поток дыма, выделяемого торфяным пожаром с поверхности земли, м<sup>3</sup>/с; коэффициенты  $m$  и  $\eta$  выражаются интерполяционными формулами, приведенными в [1];  $H$  – высота формирования устойчивого облака смога, м;  $\eta$  – опытный коэффициент [1].

Результаты и сравнительный анализ экспериментального и расчетного исследования распространения угарного газа вблизи экспериментально смоделированного локального источника горения торфа представлены на рис. 3 а и б.

Для проведения сравнительного анализа результаты экспериментальных измерений и численных исследований были совмещены на одной диаграмме (рис. 4). Проводя сравнительный анализ результатов экспериментальных и численных исследований распространения угарного газа вблизи локального источника горения торфа, необходимо учитывать, что в первом случае мы получили значения концентраций в единицах измерения мг/м<sup>3</sup>, а во вто-

ром – в долях ПДК угарного газа, – так заложено в программном обеспечении. Значение ПДК<sub>МР</sub> угарного газа составляет 5 мг/м<sup>3</sup>.

Непосредственно над модельным источником горения на высоте 1,5 м экспериментально измеренная концентрация составила 37,1 мг/м<sup>3</sup>, а расчетная – 43,2 мг/м<sup>3</sup>. На расстоянии 10 м от тлеющего торфа в направлении ветра, – 34,9 мг/м<sup>3</sup> и 37,5 мг/м<sup>3</sup> соответственно. Расхождение значений экспериментальных измерений и результатов расчета на расстоянии менее 20 м от источника составило 7-15 %. Расхождение более 30 % отмечалось на удалении более 45 м от источника в направлении ветра.

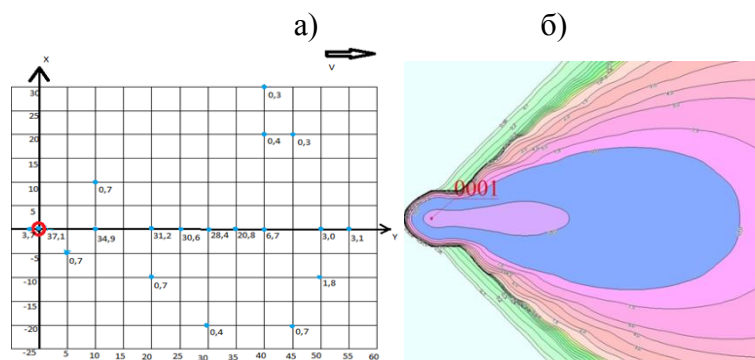


Рисунок 3 – Результаты измерения концентрации CO (синие точки на рис. 3а), мг/м<sup>3</sup>, и результаты численного моделирования распространения CO, полученные с использованием программного обеспечения «Эколог» (рис. 3б), в долях ПДК<sub>МР</sub>

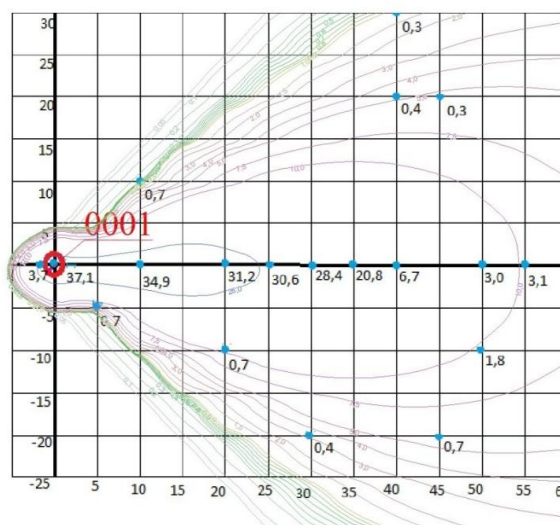


Рисунок 4 – Сравнительный анализ результатов эксперимента и расчета концентраций CO

Концентрация угарного газа ниже предельно допустимой концентрации была достигнута по результатам экспериментальных измерений на расстоянии 55 м от источника дыма, а по результатам расчетного исследования на расстоянии 75 м от источника.

**Заключение.** В ходе проведенного экспериментально-расчетного исследования была показана эффективность применения математического моделирования распространения опасных примесей в окрестности модельного локального источника горения торфа с помощью К-теории, основанной на уравнении турбулентной диффузии.

#### Список литературы

1. Пономарев Е.И., Харук В.И., Якимов Н.Д. Результаты и перспективы спутникового мониторинга природных пожаров Сибири // Сибирский лесной журнал. 2017. № 5. С. 25-36.

2. Виноградова А.А., Смирнов Н.С., Коротков В.Н., Романовская А.А. Лесные пожары в Сибири и на Дальнем Востоке: эмиссии и атмосферный перенос черного углерода в Арктику // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28. № 6. С. 512-520.

3. Ложкин В.Н., Тимофеев В.Д., Ложкина О.В., Иванов А.Н. Методика прогнозирования опасного загрязнения воздуха в окрестности автомагистрали торфяным пожаром // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2016. № 3 (39). С. 89-98.

4. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86 // Под ред. М.Я. Берлянда, Н.К. Гасиловой, Е.Л. Генриховича, Р.И. Оникула (Госкомгидромет СССР) и В.А. Глухарева (Госстрой СССР) 1987. 93 с.

5. Lozhkina O.V., Lozhkin V.N. Estimation of road transport related air pollution in Saint Petersburg using European and Russian calculation models // Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2015. V. 36. PP. 178-189.

УДК 338.47: 625.7: 656

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ТАРИФОВ НА КОРИДОРАХ ВЕЛИКОГО ШЕЛКОВОГО ПУТИ**

*Бобрик Петр Петрович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Московского отдела*

*ФГБУН Институт проблем транспорта имени Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, bobrikpp@mail.ru*

*Аннотация. В статье рассматриваются вопросы ценообразования при магистральных перевозках по маршрутам Великого Шелкового Пути. Сравниваются текущие тарифы с затратами на энергию. Делается вывод о принципиальной возможности достижения конкурентоспособности железнодорожной перевозки через центр Евразии с морской.*

*Ключевые слова: транспортный коридор, великий шелковый путь, энергетическая составляющая тарифа, конкурентоспособность сухопутных маршрутов.*

## **ENERGY COMPONENT TARIFFS ON CORRIDORS OF THE GREAT SILK ROAD**

*Bobrik Petr. P. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, senior researcher, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, bobrikpp@mail.ru*

*Abstract. The article deals with the issues of pricing for magistral along the routes of the Great Silk Road. The current tariffs are compared with the energy costs. The conclusion is made about the principle possibility of achieving the competitiveness of rail transportation through the center of Eurasia with the sea one.*

*Keywords: transport corridor, the Great Silk Road, the energy component of the tariff, the competitiveness of land routes.*

Прошедший в мае 2017 года саммит в Шанхае «Один пояс – один путь» зафиксировал ряд принципиальных изменений транспортных ожиданий в масштабах евразийского континента. В частности, существенно снизились надежды на скорое формирование высокоэффективной евразийской транспортной сети, поскольку на первый план вышло создание китае-

центричной сети. Тем не менее, общие проблемы прокладывания сухопутных трансконтинентальных коридоров [6] остались и даже усиливаются по мере роста мировой экономики и торговли [2,3]. В работе Б.В. Дроздова эта проблема была рассмотрена с позиций физической экономики [5]. Получен качественный вывод, что с точки зрения физических расходов энергии возможно существование конкурентного сухопутного маршрута из Китая в Западную Европу.

В статье анализируется ценовая составляющая энергии в общем тарифе по обоим типам маршрутов. Показано, что в современной экономической реальности ценообразование сухопутных перемещений находится в заведомо неконкурентных условиях по сравнению с морским, что не позволяет расти сухопутному трафику, но дает возможность значительного сокращения железнодорожного тарифа за счет ряда мер организационного, законодательного и налогового регулирования.

*Результаты шанхайского саммита 2017 года.* На шанхайском саммите было объявлено о выстраивании шести основных транспортных коридоров в направлении ВШП. Простейший анализ конфигурации предлагаемых коридоров показывает, что создаваемая сеть будет китаецентричной, поскольку все они выходят из Китая в различных направлениях. Тем самым изначально задачи построения равноправной евразийской сети не были представлены на саммите, и их реализация откладывается на неопределенный срок.

На саммите претерпела трансформацию сама интерпретация транспортных коридоров, изначально предполагающая строительство новых крупных инфраструктурных проектов. Вместо этого стал доминировать подход использования уже существующих транспортных объектов с их последующей модернизацией. В списке основных направлений оказался классический морской маршрут через Индийский океан, что принципиально меняет изначальную задумку использования сухопутного транспорта как резерва и даже конкурента морских перевозок между Китаем и западной Европой. Ведь одной из главных целей воссоздания ВШП были чисто военные соображения, требующие обеспечения сохранения коммуникаций с другими регионами Евразии в случае обострения отношений с США.

Поскольку в современных условиях морской транспорт существенно дешевле железнодорожного, то по факту наличие морского маршрута превращает его в доминирующий тип коммуникаций, а все остальные маршруты превращаются в вспомогательные, предназначенные лишь для перевозок незначительного объема грузов, не более нескольких сотен тысяч контейнеров в год.

Такое положение дел в своей основе имеет очень значимую экономическую подоплеку, поскольку железнодорожные тарифы в современной экономике в разы и даже порой на порядки выше морских. Значительную часть стоимости дешевых перевозок (к которым относятся и морские и железнодорожные перевозки) составляют затраты на топливо. Для анализа возможностей и перспектив железнодорожного трансконтинентального сообщения в статье рассматриваются проблемы оценки необходимой величины энергетических затрат и оценки их минимальной стоимости.

*Энергетические затраты при транспортировке по маршрутам Шанхай - Западная Европа*

В настоящее время для перевозки китайской продукции в страны Западной Европы используют преимущественно два типа маршрутов: морской через Индийский океан и Суэцкий канал, а также сухопутный железнодорожный через Казахстан и Россию [6]. Стоимость морской доставки из Шанхая в Роттердам колеблется в пределах 1000 - 1500 долларов за стандартный 20 футовый контейнер. Железнодорожная перевозка с теми конечными пунктами обойдется в диапазоне 4500 - 6000 долларов. Столь высокая разница в стоимости приводит к подавляющему преимуществу морских перевозок. За последние годы по этому маршруту проходило 12-15 млн. условных контейнеров. В тоже время перевозки по железной дороге смогли выйти всего на пару сотен тысяч контейнеров.

Удельная энергоемкость морского транспорта приблизительно в два-три раза лучше железнодорожного [5]. Но приблизительно в столько же раз длина сухопутного маршрута



ВШП меньше морского. Откуда мы получаем приблизительное равенство энергетических затрат (табл. 1).

Таблица 1 – Суммарные показатели для двух способов перевозки грузов

Перевозка	Длина, км.	Время, сут.	Затраты энергии, мДж /т	Стоимость энергии, \$/контейнер
Железнодорожная Китай - Финляндия	10000	7-12	1100	458
Морская Китай - Финляндия	21000	28	1140	475
Железнодорожная Юж. Корея - Зап. Европа.	11000	14	1210	504
Морская Юж. Корея - Зап. Европа.	22000	30	1195	498
Железнодорожная Китай – Зап. Европа	11000	15	1210	504
Морская Китай – Зап. Европа	23000	27-46	1249	520

Источник. Работы Б.В. Дроздова [5], расчеты автора.

При расчетах в таблице удельные затраты энергии брались равными 54,3 кДж /ткм для морских перевозок и 110 для железнодорожных в соответствии с работой [5]. Железнодорожный транзит предполагался через территорию России. В одном контейнере предполагалось 30 тонн груза. Использовалось соотношение 1 кВт/ч = 3,6 МДж, а стоимость 1 кВт/ч выбиралось равным пяти центам.

Оценки, приведенные в таблице 1, представляются оценками сверху, т.е. полученные с запасом. Так вес контейнера редко достигает 30 тонн, обычно составляя около 24 тонн в среднем по всему трафику морских контейнеровозов. Вес стандартного поезда из 60 вагонов составляет около 3,6 тыс. тонн, а не 2,0. На магистральных направлениях вроде ВШП возможно использование большего числа вагонов.

Используемые в таблице длины сухопутных маршрутов представляются также завышенными, поскольку реально требуется транспортировка не от портов Китая и до портов Западной Европы, а меньше приблизительно на расстояние около 1000 – 1500 км от побережья, поскольку конечный потребитель получает грузы на концах маршрута автомобильным транспортом [1,4]. Это дополнительно повышает эффективность сухопутной транспортировки около 10-15%.

Стоимость кВт/ч существенно различается по регионам мира. Наиболее дорогая она в странах западной Европы около 0,1 доллара для населения, а для промышленных нужд ниже раза в два-три. При этом надо помнить, что электрическая энергия самая дорогая.

Теплоемкость сжигания кубометра метана составляет порядка 35 мДж, а этана около 65 мДж. Не будет большим преувеличением выбрать цену около 200 за 1000 кубических метров для долларов. Тогда стоимость одного кВт/ч составит всего 1-2 цента для энергетически самых бедных типов газов. Даже выбирая КПД преобразования ниже 40%, получаем оценки ниже 5 центов, используемых в расчетах.

Провести здесь более точные расчеты расходов на энергию не представляется возможным, поскольку для этого требуется дополнительно определить тип топлива, маршрут коридора, указать способы энергетического обеспечения на всем протяжении трассы, предполагаемый трафик, расписание движение и многие других характеристики движения, что приводит к мультиплицированию возможных результатов. Другим словами стоимость энергии невозможно определить отдельно от вопроса устройства самого коридора. И на все это накладывается проблемы договорных отношений с поставщиками энергии, которые могут изменять цены в зависимости от мировой конъюнктуры. Суммируя, используемое в расчетах предположение о стоимости энергии в 10 центов как минимум реалистично.

Потенциал снижения цены. Как видно из таблицы, на перевозках из Китая до стран западной Европы общая стоимость энергетических затрат может составлять около 500\$. Причем эта сумма верна как морской корреспонденции, так и для сухопутной. Этот удивительный эффект объясняется тем фактом, что сухопутный маршрут приблизительно в два с половиной раза короче морского, что компенсируют более низкую удельную эффективность железнодорожного транспорта приблизительно в том же соотношении. Поэтому оба мар-

шрута являются конкурентоспособными на данном направлении по критерию расхода топлива [5]. Однако, как показывает практика, доли затрат на энергию в общей стоимости транспортировки для обоих маршрутов существенно различаются. При морской транспортировке они составляют от трети до половины общего тарифа. Т.е. это значимый тип затрат, как и обычно предполагается при грузовых перевозках. Наоборот, обратная картина наблюдается при перевозках железной дорогой. Здесь доля затрат на энергию может опускаться до 15% от общей стоимости, что превращает эту статью себестоимости во вторичную по значимости.

Причины столь большого расхождения обуславливаются целым рядом причин. Прежде всего, это само наличие железнодорожного пути, аналог которого отсутствует у морского транспорта. Тем самым расходы на ЖД путь всегда будут конкурентным недостатком сухопутных коридоров. Однако, можно показать, что для высокотрафиковых маршрутов, эти расходы невелики и составляют всего несколько десятков долларов на контейнер.

Анализ других статей расходов, таких как амортизация ОС, расходы на организацию движения, страховка грузов и ответственности, норма прибыли, и прочее показывает, что они имеют приблизительно одинаковую структуру для обоих видов транспорта. И поэтому при соответствующем регулировании в принципе могут сравняться. Вкупе с общим выводом о приблизительном равенстве затрат на энергию это показывает принципиальную возможность обеспечения конкурентоспособности сухопутного маршрута ВШП.

**Выводы.** Показано приблизительное равенство энергетических себестоимостей по морскому и сухопутному маршрутам ВШП и оценены их доли расходов в общем тарифе.

Возможна постановка задачи проработки комплекса мероприятий по обеспечению конкурентоспособности сухопутного маршрута ВШП.

#### *Список литературы*

1. Безруков Л.А. Континентально-океаническая дихотомия в международном и региональном развитии. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео». 2008. 369 с.
2. Бобрик П.П. Регулярные транспортные сети // Труды международной конференции «Современные проблемы общественной географии». Ясная поляна. Институт географии РАН. 2011.
3. Бобрик П.П. О преимуществе треугольной топологии сети над квадратной // «Транспорт: наука, техника, управление». 2005. № 3. С. 32-34.
4. Бобрик П.П. Влияние дальности поездки на плотность структуры регулярных транспортных сетей // Вестник МАДИ. 2015. № 4. С. 46-50.
5. Дроздов Б.В. Новый шелковый путь и транзитный потенциал России // Научно-образовательный сайт Rema. (дата обращения 22/03/2017) URL: [http://www.rema44.ru/seminar/papers/2015/drozdov\\_shp.doc](http://www.rema44.ru/seminar/papers/2015/drozdov_shp.doc).
6. Макогонова Н. В. Управление Евразийским экономическим союзом должно быть риск-ориентированным: материалы XIII Международной конференции. Государственное управление в XXI веке. Секция 2. Управление Евразийским экономическим союзом / М.: «КДУ». «Университетская книга». 2016. С. 10-15.
7. Маккиндер Х.Дж. Географическая ось истории // Классики геополитики, 20 век, сб. сост. К.Королев, Изд-во АСТ. М.: 2003. С. 7-32.

# СЕКЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

УДК 656.078.1

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБСЛУЖИВАНИЕМ ПАССАЖИРОВ В АВИАЦИОННОМ ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКОМ УЗЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Коникова Елена Викторовна – кандидат технических наук, заведующий кафедрой аэропортов и авиaperевозок*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации*

*196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, elenavictorovnak@mail.ru*

*Тецлав Илья Александрович – старший преподаватель кафедры аэропортов и авиaperевозок*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации*

*196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, tetslavil@gmail.com*

*Аннотация. В статье рассмотрена дискретно-событийная имитационная модель обслуживания пассажиров в аэропорту Пулково созданная в среде AnyLogic. Обоснована необходимость применения имитационного моделирования в процессе принятия решений (ППР) при перераспределении ресурсов на более загруженные участки в авиационном транспортно-логистическом узле.*

*Ключевые слова: имитационное моделирование, регулярность полётов, авиационный транспортно-логистической узел.*

## DEVELOPMENT OF PASSENGER SERVICE MANAGEMENT SYSTEM IN AERONAUTICAL TRANSPORT AND LOGISTIC NODE WITH THE USE OF IMITATION MODELING

*Konikova Elena V. – Ph.D., associate professor, Head of the Department of Airports and Aviation, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, elenavictorovnak@mail.ru*

*Teclav Ilya A. – senior lecture, Department of Airports and Aviation, Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

*Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, tetslavil@gmail.com*

*Abstract. The article considers discrete-event simulation model of passenger service at Pulkovo airport created in the AnyLogic environment. The necessity of application of simulation modeling in the decision-making process (RDP) under the redistribution of resources to more loaded areas in the aviation transport and logistics node is substantiated.*

*Keywords: Simulation modeling, flight regularity, aviation transport-logistic junction.*

Взаимозависимость регулярности, безопасности и экономической эффективности функционирования аэропортов, связанных единым расписанием, требует точного распределения почасовой загрузки служб объемами работ по обслуживанию и подготовке рейсов, как в пункте вылета, так и в каждом пункте посадки.

Анализ источников причин нарушений регулярности полетов [3] показал, что макси-

мальное количество задержек происходит по причине позднего прибытия самолета и превышения планового времени посадки пассажиров и далее по убыванию.

При обслуживании пассажиров в аэропорту на этапах регистрации, досмотре, посадки образуются скопления пассажиров, которые блокируют проходы, что приводит к задержке пассажиров других рейсов и приходится отстранять их от рейса. Причин образования очередей при обслуживании пассажиров в аэропорту много и ключевыми факторами являются материально-техническое обеспечение и расстановка ресурсов.

С развитием автоматизированных систем управления аэропортовым производством появились системы управления ресурсами (Resource Management System – RMS), функциональными возможностями которых являются планирование емкости временных интервалов, составление графиков полетов и расчеты потребностей в ресурсах в долгосрочной, среднесрочной и краткосрочной перспективах. В основу алгоритмов работы RMS заложены человеческий опыт, требования бизнес-процессов – нормативы по договорам с авиакомпаниями, в том числе договоры о качестве предоставления услуг (Service Level Agreement – SLA), стандарты аэропорта, нормативных документов РФ и рекомендаций ИАТА. Но при формировании плана распределения ресурсов с помощью RMS не учитываются взаимовлияющие свойства всех элементов, участвующих в работе, которые могут повлиять на возникновение сбойных и нештатных ситуаций. Например, интенсивности прибытия пассажиров в аэропорт, пространственные характеристики зон ожидания и обслуживания пассажиров, несовместимость физических свойств пассажиров и оборудования, используемое при обслуживании и т.д.

Такой функционал возможно учесть при разработке компьютерной имитационной модели и использовать ее как элемент системы поддержки принятия решений. Имитационное моделирование позволяет в «безрисковой» виртуальной среде проводить эксперименты и определять оптимальные параметры для повышения эффективности объекта моделирования (рис. 1).

Применение имитационной модели обслуживания пассажиров возможно при планировании ресурсов в долгосрочной, среднесрочной и краткосрочной перспективах как в виде отдельного приложения, так и в составе системы управления ресурсами (RMS).



Рисунок 1 – Этапы процесса принятия решения в виртуальной «безрисковой» среде

AnyLogic Landside Airport – это новая имитационная дискретно-событийная модель авиационного транспортно-логистического узла (АвТЛУ) при обслуживании прилетающих и вылетающих пассажиров. Модель описывает работу центрального пассажирского терминала аэропорта Санкт-Петербург (Пулково), но может быть настроена для моделирования любой конфигурации аэропорта с помощью соответствующей настройки параметров.

В среде AnyLogic приведены различные поведенческие модели, которые представляют собой различные ситуации поведения пассажиров. Решения, такие как выбор счетчика регистрации или шлюза безопасности, который они должны пройти, обычно принимаются в

то время, когда они необходимы, а прошлые решения могут повлиять на будущие действия. Модель подчеркивает гибкость в определении и реализации альтернативных стратегий эксплуатации терминалов и в моделировании поведения пассажиров. Входные данные модели можно разделить на четыре группы:

- глобальные параметры, касающиеся характеристик движения пассажиров и багажа;
- входы, касающиеся характеристик операций объекта (местоположения, время и т.д.);
- данные о трафике, касающиеся графика и характеристик полетов;
- маршруты пассажиров, касающиеся всех маршрутов между объектами.

Выходные данные модели можно разделить на три группы:

- объекты обработки, информацию об очередях, время ожидания и время обслуживания;
- зоны хранения, информацию о количестве людей, время, затраченное время, загруженность и уровень обслуживания;
- пассажиры, информацию о времени, проведенном внутри терминала.

Все выходные данные задаются ЛПП в зависимости от времени, то есть их изменение в течение дня или в разные дни (рис. 2).

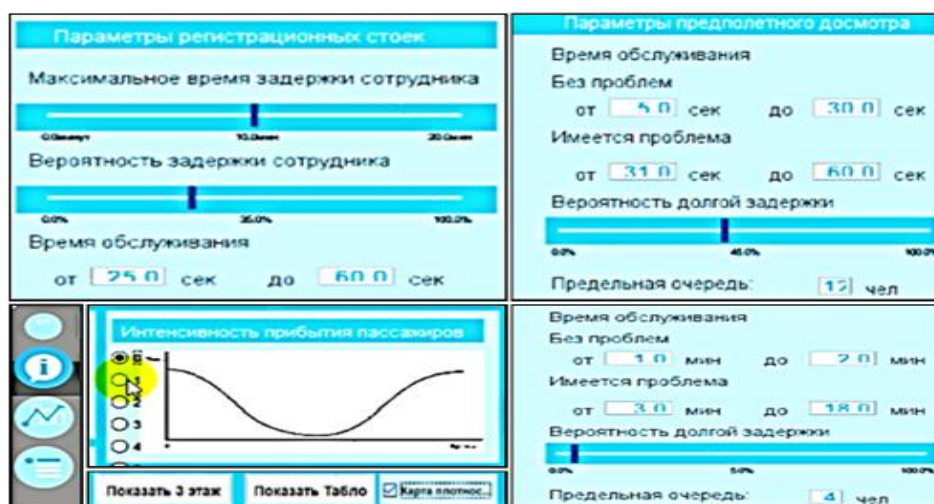


Рисунок 2 – Диалоговое окно ЛПП при использовании AnyLogic Landside Airport

При разработке имитационной модели в среде AnyLogic возможно экспортировать модели в виде отдельных Java приложений и использовать такие приложения на других компьютерах, в том числе и на серверах. Для запуска модели Java приложения не требуется редактор AnyLogic, и она может быть запущена на любом компьютере, поддерживающем Java. Эта возможность позволяет встраивать имитационные модели в системы принятия решений. Окно приложения отображает презентацию экспортированной модели, и у него также есть панель инструментов и панель состояния, практически идентичные аналогичным панелям окна презентации модели с доступным интерфейсом, включающим:

- a. структуру системы и параметры поведения;
- b. ввод для имитационной модели, т.е. динамический профиль и характеристики прибывающих и вылетающих пассажиров.

Преимуществами AnyLogic Landside Airport являются формирование стандартного протокола реляционной базы данных для сбора данных и проверки логических зависимостей и широкое разнообразие диаграмм, которые могут быть созданы как в конце каждого эксперимента, так и во время выполнения.

Для интеграции, а точнее конвергенции имитационной модели в корпоративную информационную систему RMS потребуется совместно используемые файлы (например, таблицы xls или текстовые файлы xml), поддерживаемый обеими информационными системами

для передачи исходных данных (свойств элементов объекта моделирования) и результаты моделирования (информация необходимая для принятия решения). Например, для распределения стоек регистрации пассажиров важно учитывать стандарты ожидания пассажиров в очереди и количество пассажиров в очереди.

Алгоритм формирования плана с использованием RMS и имитационной модели состоит из последовательных этапов (рис. 3).

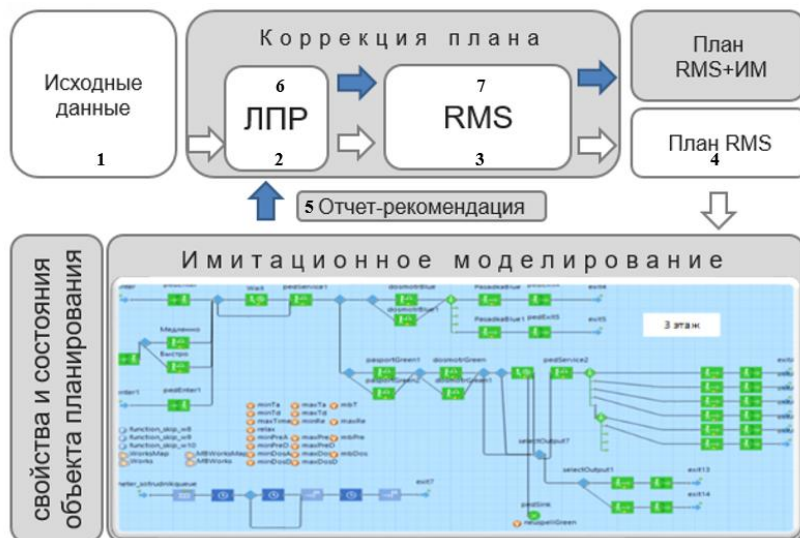


Рисунок 3 – Алгоритм формирования плана с использованием RMS и имитационной модели

Этапы формирования плана:

1. Формирование файла исходных данных из корпоративной базы данных;
2. При необходимости коррекция файла исходных данных ЛПП;
3. Формирование плана в RMS в файл;
4. Полученный файл используется как файл с исходными данными имитационной моделью необходимыми для проведения экспериментов;
5. Формирование в имитационной модели результатов проведения экспериментов в виде отчетов-рекомендаций для ЛПП (рис. 4).

Цветовая индикация нагрузок на стойки регистрации показывает потенциально «опасные» места в плане.

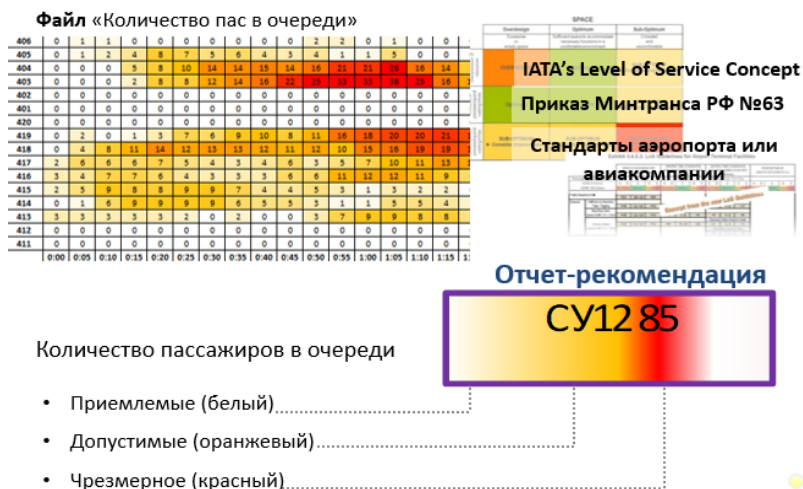


Рисунок 4 – Отчет-рекомендация для ЛПП

При необходимости ЛПП корректирует план с учетом рекомендаций имитационной

модели, перераспределяя очереди не изменяя количество запланированных ресурсов или сокращая простой ресурсов перераспределив их на более загруженные участки.

В результате моделирования формируются отчеты-рекомендации, которые ЛПП может использовать при оперативном управлении.

Вывод. Таким образом, проанализировано существующее состояние процесса принятия решения ЛПП при обслуживании пассажиров в аэропорту с учетом существующих материально-технических и информационных систем и выявлены их основные недостатки. Предложена дискретно-событийная имитационная модель, созданная в среде AnyLogic позволяющая проводить эксперименты с учетом динамично меняющейся обстановки на примере аэропорта Пулково и использовать отчеты-рекомендации для ЛПП при оперативном управлении в авиационном транспортно-логистическом узле. Использование имитационного моделирования в проактивном управлении производственными процессами в аэропорту направлено на предотвращение сбойных ситуаций и повышение регулярности полетов ВС.

#### *Список литературы*

1. Зайцев Е.Н., Конилова Е.В., Тецлав И.А., Шайдуров И.Г. Комплекс взаимодействия систем «Аэропорт – Авиакомпания - УВД» в системе смешанных перевозок. Вестник Санкт-Петербургского университета гражданской авиации. Под ред. М.Ю. Смурова / С.-Петербург: СПбГУ ГА. 2016. С. 101-117.

2. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю., Комиссаров С.А., Сорокин К.Н. Сети, информация и знания – основные драйверы четвертой промышленной революции (Industrie 4.0) // Информация и Космос №1 / Радиотехника и связь. 2016. С. 14-25.

3. Головченко Г.В., Ребезова М.И. Метод расчета сетевых графиков выполнения работ, учитывающий наличие располагаемых ресурсов. Научный вестник МГТУ ГА. Москва. Том 20. № 3. 2017 С. 157-164.

## **ВНЕТРАНСПОРТНЫЙ ЭФФЕКТ ОТ ОРГАНИЗАЦИИ ВНУТРИГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК РЕЛЬСОВЫМ ТРАНСПОРТОМ**

*Атаев Пётр Геннадьевич – участник «Ассоциации транспортных инженеров», директор по развитию ООО «Дорнадзор»*

*197198, Россия, Санкт-Петербург, Малый проспект П.С., д. 5, офис 30,  
pierre\_ataev@yahoo.fr*

Аннотация. В работе поднята проблема неудовлетворительной работы пассажирского транспорта Санкт-Петербурга. На основе геоинформационной модели произведён пространственный анализ пассажиропотоков. Предложено развитие системы внеуличного транспорта на основе существующей железнодорожной сети. Обоснована организация нескольких внутригородских маршрутов. Предложена методика вычисления внетранспортного эффекта и произведён его расчёт для выбранных направлений.

Ключевые слова: ГИС-моделирование, пассажирский транспорт, транспортные системы, внеуличный транспорт, Санкт-Петербургская агломерация, внетранспортный эффект, рельсовый транспорт, внутригородские железнодорожные перевозки.

## **THE NO-TRANSPORT EFFECT OF THE ORGANIZATION OF URBAN PAS- SENGER TRANSPORTATION BY RAIL**

*Ataev Petr G. – member of the "Association of transport engineers", development director Dornadzor Ltd.*

*Abstract.* The work reveals the problem of unsatisfactory work of passenger transport of St.-Petersburg. The spatial analysis of passenger flows is made on the basis of the geoinformation model. It was proposed to develop a system of extra-personal transport on the basis of the existing railway network. The organization of several intracity routes was justified. The method of computing the non-transport effect was proposed and its calculation was made for the selected directions.

*Keywords:* GIS-modeling, passenger transport, transport systems, segregated transport, St. Petersburg agglomeration, non-transport effect, rail systems, urban rail transport.

Существующая в Санкт-Петербурге система общественного транспорта не удовлетворяет потребности пассажиров в скоростных перевозках. Средняя скорость, которую сегодня обеспечивают уличные виды транспорта, невелика – в пределах 15 км/ч. Внеуличный транспорт – метрополитен осуществляет перевозки со скоростью до 40 км/ч, однако, он охватывает не всю территорию агломерации [1]. Действующая в Санкт-Петербурге система электропоездов не использует преимущества конфигурации внеуличной сети, подразумевающие высокую скорость сообщения, регулярность перевозок и их большой объем. Уровень организации системы таков, что ее пассажиропоток наименьший среди видов транспорта. Следовательно, возникает запрос на новую систему внеуличного транспорта.

В современных мегаполисах скоростной пассажирский транспорт, как правило, включает в себя системы городских железных дорог, которые по пассажиропотоку сопоставимы с метрополитеном, а в отдельных случаях превосходят его. Формирование таких систем базировалось на использовании существовавших в городской черте железнодорожных линий [2]. Востребованность перспективных внутригородских маршрутов в Санкт-Петербурге необходимо определять с учетом имеющейся инфраструктуры, охвата жилых районов и экономической эффективности. Пространственный анализ геоинформационной модели сети пассажирского транспорта позволил выделить несколько направлений: Новая Лахта – с. м. Старая Деревня, Сертолово – станция метро Парнас, Броневая – Сосновая Поляна, Витебский вокзал – Пулковое, Уткина Заводь – Нева – Дача Долгорукова.

Связь общественно-делового центра «Лахта» с системой метрополитена рационально осуществить по существующей железнодорожной линии протяжённостью 4,8 км. Она проходит по селитебной территории и будет обеспечена устойчивым спросом, как за счет появления делового центра, так и подключения крупного района жилой застройки остановочными пунктами Яхтенная и Мебельная. В пешеходной доступности от них проживает около ста тысяч жителей (табл. 1). В соответствии с проектом, ОДЦ «Лахта» будет обеспечен тремя тысячами машино-мест, исходя из прогнозов, данный объект способен генерировать пассажиропоток до 15 тысяч человек в день. Организация тактового движения электропоездов с частотой до 10 минут, позволит обеспечить увеличение пассажиропотока на линии с 2 млн. пассажиров в год до 10,5 млн.

*Таблица 1 – Показатели остановочных пунктов линии Старая Деревня – Новая Лахта*

№	Остановочный пункт	Транзит, в день, тыс. чел.	Число жителей в 5 мин пеш. доступности, тыс.	Число жителей в 15 мин пеш. доступности, тыс.	Число рабочих мест в 15 мин пеш. доступности, тыс.	Число посетителей, в день, тыс. чел.
1	Старая Деревня	5,5	0,2	10,8	-	-
2	Яхтенная	5,5	2,3	38,5	н. д.	4,0
3	Мебельная	4,7	3,7	54,4	н. д.	2,0
4	Новая Лахта	4,7	-	4,9	11,2	10,0
	ИТОГО	5,5	6,2	108,6	11,2	16,0



Так как пригородно-городской общественный транспорт в большинстве случаев не является коммерчески окупаемым [3], именно оказываемый им внутранспортный эффект может выступать обоснованием для государственного субсидирования. Его величина ( $\mathcal{E}_{\text{вн}}$ ) в общем виде может быть определена по формуле [5]:

$$\mathcal{E}_{\text{вн}} = \mathcal{E}_{\text{пч}} + \mathcal{E}_{\text{соц}} + Y_{\text{зд}} + Y_{\text{эко}}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{пч}}$  – стоимостной эквивалент экономии времени пассажиров в пути;  $\mathcal{E}_{\text{соц}}$  – социальный эффект от улучшения качества обслуживания населения;  $Y_{\text{зд}}$  – уменьшение ущерба, наносимого транспортными происшествиями;  $Y_{\text{эко}}$  – уменьшение ущерба, наносимого окружающей среде.

Определение первой составляющей связано с вычислением экономии времени пассажиров и оценкой стоимости пассажиро-часа ( $C_{\text{пч}}$ ) [4]:

$$\mathcal{E}_{\text{пч}} = (t_{\text{вн}} - t_{\text{ул}}) * N_{\text{пас}} * C_{\text{пч}}, \quad (2)$$

где  $t_{\text{вн}}$  – время полного передвижения пассажира на внеуличном транспорте;  $t_{\text{ул}}$  – время полного передвижения пассажира на уличном транспорте;  $N_{\text{пас}}$  – количество перевезённых пассажиров за год.

Ожидаемое сокращение времени в пути – 18 минут, прогнозное число пассажиров 10,5 млн. стоимость пасс.-часа 490 рублей [4], таким образом, эффект для данного маршрута составляет 1542 млн. рублей в год.

Для оценки экономического эффекта от сокращения затрат времени на проезд к местам приложения труда и улучшения условий проезда применима формула [6]:

$$\mathcal{E}_{\text{соц}} = C_{\text{пч}} \times A_p \times 2 \times (\tau + \varepsilon), \quad (3)$$

где  $A_p$  – количество работников, пользующихся в трудовых передвижениях городским транспортом, чел.-час;  $\tau$  – прирост производительности труда за счет снижения затрат времени на передвижения к месту работы, %;  $\varepsilon$  – прирост производительности труда за счет снижения наполнения подвижного состава, %. Учитывая, что производительность труда снижается на 3,1% в среднем на каждые 10 минут дополнительного времени поездки к месту работы, долю трудовых передвижений в 70% [2], эффект составит 57,8 млн. рублей.

Для расчета уменьшения ущерба, наносимого здоровью жителей благодаря сокращению транспортных происшествий, использована статистика страховых выплат [2]. Ущерб, наносимый пассажирам электропоездов, пренебрежимо мал, сокращение ущерба от происшествий с автомобильным транспортом определено по формуле:

$$Y_{\text{зд}} = \frac{S}{N_{\text{авт}} \times \Pi_{\text{ср}}} \times (B_{\text{стр}} + N_n \times k_1 + N_p \times k_2), \quad (4)$$

где  $S$  – расстояние, на которое сократится суммарный пробег автомобилей в год, км;  $N_{\text{авт}}$  – число зарегистрированных автомобилей;  $\Pi_{\text{ср}}$  – средний пробег легковых автомобилей в год, км;  $B_{\text{стр}}$  – страховые выплаты,  $N_n$  – число погибших в ДТП;  $N_p$  – число раненых в ДТП;  $k_1, k_2$  – коэффициенты оценки ущерба [7]. С учётом доли перевозимых ГПТ пассажиров 70% и средним наполнением легковых автомобилей 1,5 человек, сокращение ущерба равно 22,9 млн. рублей.

Уменьшение ущерба, наносимого окружающей среде, рассчитано исходя из значения пробеговых выбросов автотранспорта и расчетов платы за негативное воздействие на окружающую среду [2]:

$$Y_{\text{эко}} = M_{\text{ег}} \times r_V \times S \times C, \quad (5)$$

где  $M_{\text{вв}}$  – пробеговой выброс вредных веществ, г/км;  $\gamma_V$  – поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока;  $C$  – тариф за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, рублей. Уменьшение ущерба составляет 257,1 млн. рублей. Итак, внетранспортный эффект от запуска маршрута «Старая Деревня – Новая Лахта» составит 1,88 млрд. рублей в год, или 392 млн. за км.

Для улучшения транспортной доступности Сертолово принципиально организовать связь города с системой метрополитена. Ближайшая станция метро – Парнас – имеет железнодорожную связь, однако однопутные линии Ручьи – Парнас – Парголово и Левашово – Сертолово не используются в пассажирском сообщении. Организация данного маршрута длиной 15,2 км потребует проведения реконструкции, включающей: строительство развязок, электрификацию, а также строительство и реконструкцию остановочных пунктов и транспортно-пересадочного узла Парнас. По существующим оценкам затраты составят 4,5 млрд. рублей, а прогнозируемые значения пассажиропотока 6,1 млн. пассажиров в год. С учётом этих показателей, по представленной методике, произведён расчёт внетранспортного эффекта, он составил 1,52 млрд. рублей в год.

Участок балтийского направления Броневая – Сосновая Поляна имеет ряд преимуществ, позволяющих выделить его для организации более интенсивных пассажирских перевозок: отсутствие переездов, запас пропускной способности, большой охват селитебной территории не обеспеченной метрополитеном (табл. 2), перспективная станция метро Броневая. На данном участке пассажиропоток составляет от 5,7 до 10,2 млн. пассажиров в год, с учетом развития линии, в том числе строительства новых остановочных пунктов, этот показатель увеличится на 7,3 млн. Внетраспортный эффект – 2,3 млрд. руб.

Таблица 2 – Доступность остановочных пунктов линии Броневая – Сосновая Поляна

№	Остановочный пункт	Жителей в пешеходной доступности, тысяч	
		5-минутной	15-минутной
1	Броневая	-	11,1
2	Бассейная (проект)	1,8	21,2
3	Ленинский проспект	-	31
4	Дачное	2,6	26,9
5	Парк Александрино (проект)	0,3	15,9
6	Ульянка	3,8	32,3
7	Лигово	0,6	20,1
8	Сосновая поляна	1,4	21,7
	Всего	10,5	180,2

Для остальных маршрутов результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение эффективности перспективных маршрутов

№	Маршрут	Протяженность, км	Затраты, млрд. руб.	Перевозки, млн. пасс. в год	Внетранспортный эффект, млн. руб. в год	Внетранспортный эффект, млн. руб. в год за км
1	Старая Деревня – Новая Лахта	4,8	4,8	10,5	1880	391,7
2	Сертолово – Парнас	15,2	4,5	6,1	1521	100,1
3	Броневая – Сосновая Поляна	12,0	3,5	17,5	2304	192,0
4	Витебский вокзал – Пулковое	21,3	17,0	4,0	1181	55,4
5	Уткина Заводь – Нева – Дача Долгорукова	11,8	2,8	3,2	767	65,0

### Выводы:

1. Организация внутригородских пассажирских перевозок на железнодорожной сети – это единственная возможность обеспечить качественный перевозочный процесс в агломерации.
2. Для экономического обоснования создания новой системы требуется учитывать совокупный внетранспортный эффект. Представлена методика его вычисления и выполнен расчёт для наиболее перспективных маршрутов.
3. Наибольший эффект на километр маршрута достигается на линии «Старая Деревня – Новая Лахта» – 392 млн. за км в год.

### *Список литературы*

1. Атаев П. Г. Перспективы развития системы внеуличного скоростного пассажирского транспорта в Санкт-Петербургской агломерации // Транспорт Российской Федерации 2017. № 1(68). С. 33-38.
2. Атаев П. Г. Железнодорожная сеть Санкт-Петербургской агломерации в системе городского пассажирского транспорта // Транспортное планирование и моделирование: сб. трудов II междунар. науч.-практ. конф. СПбГАСУ. СПб. 2017. С. 12-22.
3. Вучик Вукан Р. Транспорт в городах, удобных для жизни. Территория будущего // М.: Территория будущего. 2011. 550 с.
4. Атаев П. Г. Система наземного рельсового транспорта: предпосылки организации в Санкт-Петербурге// Вестник гражданских инженеров. 2017. № 3 (62). С. 216-225.
5. Меров Ю. М. Автореф. дис. по теме «Городской пассажирский транспорт в условиях государственного регулирования и действия рыночных механизмов» на соиск. уч. степ. канд. экон. наук М. 2009. 20 с.
6. Игнатова Т. А. Автореф. дис. по теме «Снижение убыточности предприятий городского пассажирского транспорта в малых и средних городах» на соиск. уч. степ. канд. экон. наук М.. 2000. 20 с.
7. Оценка социально-экономического ущерба от ДТП в России: методологические вопросы в контексте зарубежных исследований. Высшая школа экономики. М. 2015. 52 с.

УДК 338.47:656.7 (470.1/.2+571.121)

## **ОПОРНЫЕ АЭРОПОРТЫ И АЭРОДРОМЫ ЕВРОПЕЙСКОГО И ПРИУРАЛЬСКОГО СЕВЕРА РОССИИ**

**Фомина Ирина Валерьевна** – научный сотрудник лаборатории проблем транспорта, ФГБУН Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук

167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26, [arptin@yandex.ru](mailto:arptin@yandex.ru)

**Шевелёва Анна Анатольевна** – младший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта

ФГБУН Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук

167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26, [AnyaSheveleva@inbox.ru](mailto:AnyaSheveleva@inbox.ru)

Аннотация. В работе приводятся результаты исследования по определению опорных аэропортов и аэродромов на территории Европейского и Приуральского Севера России. Показано, что при их определении необходимо учитывать существующее и перспективное распределение грузо- и пассажиропотоков на рассматриваемой территории.

Ключевые слова: опорные аэропорты, основные населенные пункты, экономические центры, транспортные узлы, авиасообщение, пассажирские авиаперевозки, авиаперевозки грузов и почты, регион.

## BASIC AIRPORTS AND AIRFIELDS IN THE EUROPEAN AND CISURAL NORTH OF RUSSIA

*Fomina Irina V. – Researcher of the Laboratory of transportation problem, Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*

*Kommunisticheskaya str., 26, Syktyvkar, 167982, Russian Federation, appmin@yandex.ru*

*Sheveleva Anna A. – Junior Researcher of the Laboratory of transportation problem Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*

*Kommunisticheskaya str., 26, Syktyvkar, 167982, Russian Federation, AnyaSheveleva@inbox.ru*

*Abstract. In article results of research on definition of basic airports and airfields in the European and Cisural North of Russia are given. It is shown that their definition it is necessary to consider of the existing and perspective distribution cargo and passenger traffic in the considered territory.*

*Keywords: basic airports, main settlements, economic centers, transport hub, air traffic, passenger air transportation, air transportation of cargo and mail, region.*

В настоящее время основу сети авиасообщения Европейского и Приуральского Севера России (ЕиПСР) составляют аэропорты и аэродромы, расположенные на этой территории. Территорию ЕиПСР составляют: Архангельская, Вологодская и Мурманская области, Республика Карелия и Коми, Ненецкий (НАО) и часть Ямало-Ненецкого автономные округа (ЯНАО) [1].

При определении опорных аэропортов на территории ЕиПСР принимались во внимание: Транспортная стратегия РФ до 2030 г. [2], Концепция развития аэродромной (аэропортовой) сети РФ на период до 2020 г. [3], а также сложившаяся к настоящему времени сеть авиасообщения ЕиПСР, социально-экономические стратегии развития территорий ЕиПСР и отраслевые стратегии, схемы территориального планирования, перспективные планы крупных промышленных компаний-монополистов по развитию производственных мощностей в рассматриваемом регионе и др. Это позволило учесть существующее и перспективное распределение грузо- и пассажиропотоков на рассматриваемой территории.

Поскольку основу опорной транспортной сети региона составляют транспортные узлы и пути сообщения, обеспечивающие доступность транспортных услуг между основными населенными пунктами и экономическими центрами, расположенными на этой территории, то в качестве первичного (базового) признака отнесения к опорным аэропортам рассматривалось их нахождение вблизи основных населенных пунктов, экономических центров и крупных транспортных узлов ЕиПСР. Порядок выбора основных населенных пунктов, экономических центров и крупных транспортных узлов при формировании опорной транспортной сети ЕиПСР подробно рассмотрен в работе [4].

Важно отметить, что при выявлении опорных аэропортов применялся комплексный подход, во-первых, при рассмотрении как самой территории ЕиПСР, состоящей из нескольких субъектов, во-вторых, по отношению к воздушному транспорту. Воздушный транспорт рассматривался как один из видов транспорта, с помощью которого обеспечиваются социально-экономические потребности рассматриваемой территории, поэтому большее внимание при выборе опорных аэропортов уделяется обеспечению транспортной доступности территории.

Из рисунке 1 видно, что в распределении авиаперевозок по аэропортам наибольшие объемы приходятся на деятельность аэропортов, расположенных в административных центрах субъектов ЕиПСР (за исключением Вологодской области, ЯНАО, Республики Коми (грузы и почта)). В Вологодской области наибольшие объемы авиаперевозок грузов и пассажиров приходится на деятельность аэропорта Череповец (ООО «Авиапредприятие «Север-

сталь»). Открытие аэропортов на полуострове Ямал (Бованенково и Сабетта) повлияли на изменение пассажиро- и грузопотока, осуществляемые через аэропорты Воркута и Салехард.

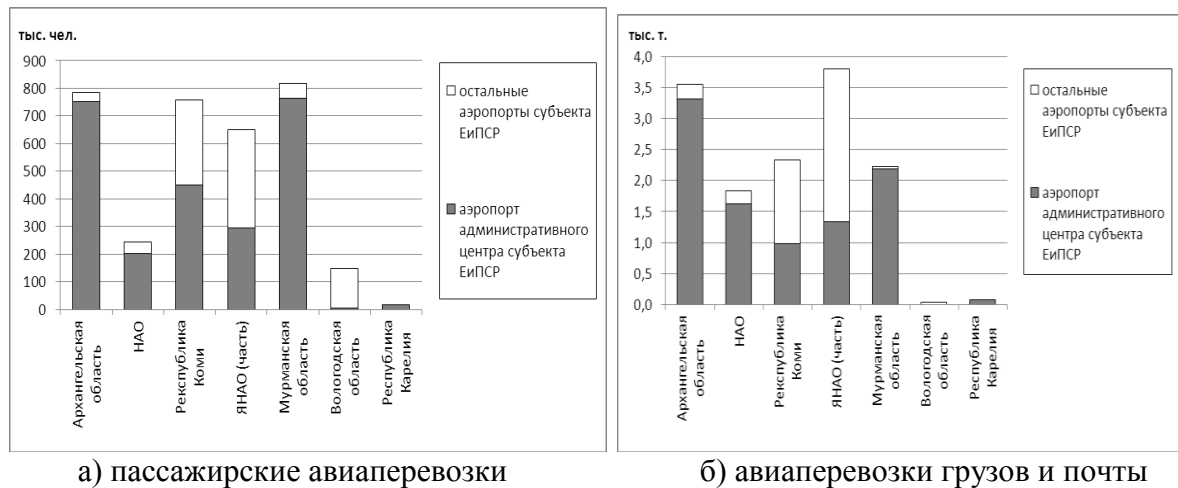


Рисунок 1 – Распределение объемов авиаперевозок через аэропорты Европейского и Приуральского Севера России в 2016 г. (составлено и рассчитано по данным Росавиации [5])

Итак, к опорным отнесем аэропорты административных центров субъектов ЕиПСР, аэропорты крупных экономических центров и транспортных узлов, расположенных на ЕиПСР и аэропорты, обеспечивающие транспортную доступность региона. На основании всего вышеперечисленного была сформирована следующая схема опорных аэропортов ЕиПСР (рис. 2).

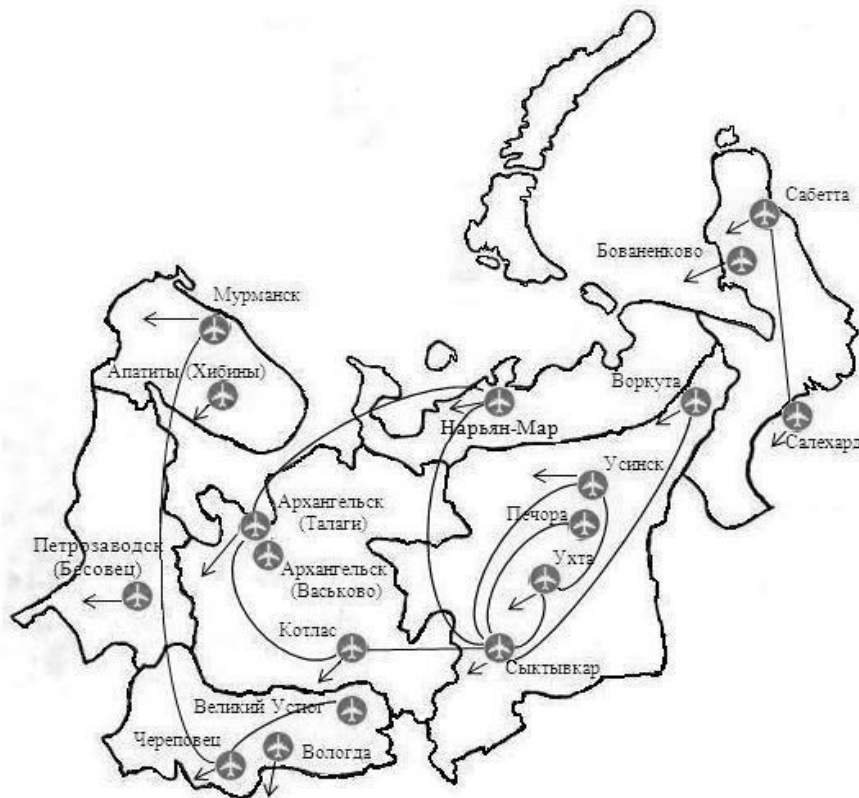


Рисунок 2 – Опорные аэропорты и аэродромы Европейского и Приуральского Севера России (Примечание. Линиями показаны существующие маршруты пассажирских авиаперевозок на ЕиПСР; знаком «↔» – авиасообщение за пределы ЕиПСР. Источник: схема составлена на основании расписаний движений самолетов из аэропортов ЕиПСР.)

В целом, для обеспечения доступности авиаперевозок, в том числе в пределах ЕиПСР, необходима развитая сеть авиасообщения внутри субъектов. Однако, как показывают результаты проведенного исследования, на территории субъектов такая сеть полностью не сформирована – не все субъекты ЕиПСР связаны между собой, и не все рассматриваемые субъекты обладают регулярным авиасообщением на местных воздушных линиях.

#### Список литературы

1. Киселенко А.Н. Транспорт Европейского и Приуральского Севера России: основные цели и проекты развития // Вестник Коми НЦ УрО РАН. Вып. 31. Вклад академической науки в развитие производительных сил Республики Коми: Межрегиональная научно-практическая конференция (К 95-летию образования Республики Коми). – Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2016. – С. 102-115.
2. Транспортная стратегия РФ на период 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. №1734-р (в ред. от 11.06.2014 г. №1032-р) // Справочно-правовая система «Консультант плюс».
3. Концепция развития аэродромной (аэропортовой) сети Российской Федерации на период до 2020 года. – URL: [www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT\\_ID=10173](http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=10173) (дата доступа: 24.05.2017 г.).
4. Киселенко А.Н., Фомина И.В., Шевелёва А.А. Проблемы и особенности определения населенных пунктов для опорной транспортной сети Европейского и Приуральского Севера России // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2017. №2. [Электронный ресурс] / Сыктывкарский государственный университет. – Электрон. вестник. – Сыктывкар: СыктГУ. – URL: [vestnik-ku.ru/images/articles/2017/2/6.pdf](http://vestnik-ku.ru/images/articles/2017/2/6.pdf) (дата доступа: 19.10.2017 г.).
5. Объемы перевозок через аэропорты России за январь – декабрь 2015 – 2016 гг. – URL: [www.favt.ru/public/materials//c/9/0/b/2/c90b20ba7df9bbbed27c4ebfc6c5afac.pdf](http://www.favt.ru/public/materials//c/9/0/b/2/c90b20ba7df9bbbed27c4ebfc6c5afac.pdf) (дата доступа: 19.10.2017 г.).

УДК: 338.47:656

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПО СОВМЕСТНОМУ СОЗДАНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЯСА ШЕЛКОВОГО ПУТИ И МОРСКОГО ШЕЛКОВОГО ПУТИ XXI ВЕКА

*Парфенов Александр Сергеевич* – младший научный сотрудник 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)  
Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВСРФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10А, [geosanchez@mail.ru](mailto:geosanchez@mail.ru)

*Аннотация.* В работе рассматриваются вопросы перспективности создания и развития экономического пояса Шёлкового пути и Морского Шёлкового Пути XXI века. Приведен анализ международного опыта по созданию аналогичных транспортных систем. Показана актуальность и рациональность развития данной транспортно-экономической системы.

*Ключевые слова:* Шелковый путь, транспортная система, экономический пояс.

## PERSPECTIVES ON JOINT CREATION OF ECONOMIC BELT OF THE SILK WAY AND SEA SILK WAY OF THE XXI CENTURY

*Parfenov Alexander S. – postgraduate student, MNS (researcher), Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation  
Voskresenskaya Emb., 10a, St.Petersburg, 191123, Russian Federation,  
geosanchez@mail.ru*

*Abstract. The paper considers the prospects of the creation and development of the economic belt of the Silk Way and the Sea Silk Way of the 21st century. The analysis of the international experience on creation of similar transport systems is given. It shows the relevance and rationality of the development of this transport and economic system.*

*Keywords: Silk way, transport system, economic belt.*

Современный мир переживает глубокие и сложные изменения. Мировой финансовый кризис продолжает давать о себе знать своим глубинным влиянием, мировая экономика восстанавливается медленно и в своем развитии не единоподчинена. Большие изменения вынашиваются в международной торгово-инвестиционной структуре и в правилах многосторонних инвестиций и торговли. В такой ситуации страны в отдельности сталкиваются с довольно серьезными проблемами в ходе развития. А совместное создание «Одного пояса и одного пути» откликается именно на зов современного мира к многополярности, глобализации экономики, культурному многообразию и информатизации общества, также к отстаиванию духу регионального сотрудничества открытого типа, общей для всего мира системы свободной торговли и открытости мировой экономики. Совместное создание «Одного пояса и одного пути» призвано стимулировать свободное, но упорядоченное передвижение факторов производства, также высокоэффективное распределение ресурсов и глубокое слияние рынков [1-5]. Проект даст возможность странам, расположенным по Шелковому пути, скорректировать свою экономическую политику в сторону более масштабного, высокоуровневого и глубокого регионального сотрудничества, совместно сформировать структуру открытого, толерантного, сбалансированного и всем выгодного регионального экономического сотрудничества. Совместное создание «Одного пояса и одного пути» отвечает коренным интересам мирового сообщества, инициатива воплощает в себе мечту мирового сообщества и его стремление к прекрасному. Предлагаемый проект – это активные поиски новой модели международного сотрудничества и общемирового менеджмента и, несомненно, послужит позитивной силой и энергией для мирного развития на всей планете. Инициатива «Один пояс и один путь» также нацелена на формирование и укрепление взаимосвязанности в материках Азии, Европы и Африки, и в омывающих их океанах, на укрепление взаимосвязанного партнерства между примыкающими к поясу и пути странами в интересах создания многовекторной, многоуровневой, комплексной сети сотрудничества, обеспечения стран, расположенных вдоль Шелкового пути, всесторонним, самостоятельным, сбалансированным и устойчивым развитием. Проекты взаимосвязи и интеграции помогут этим странам сверить и соединить стратегии развития между собой, раскрыть потенциал регионального рынка, активизировать инвестиции и потребление, создать спрос и рабочие места, расширить гуманитарные обмены между народами и взаимообогащение культур. А это позволит народам разных стран чаще встречаться и больше познать друг друга, тогда будет и больше взаимодовверия и взаимоуважения, и все они будут жить в гармонии, спокойствии и достатке [6,7].

Китайская экономика и мировая экономика тесно связаны между собой. Китай будет неизменно придерживаться открытости внешнему миру, как основной государственной политики, создавать новую всестороннюю систему открытости и глубоко интегрироваться во всемирную экономическую систему. В реализации инициативы «Один пояс и один путь» выражается потребность Китая в расширении открытости внешнему миру и укреплении взаимовыгодного сотрудничества со странами Азии, Европы, Африки и странами мира. Китай готов по мере своих сил и возможностей взять на себя больше обязательств и внести более весомый вклад в мир и развитие человечества.

Принципы совместного создания. Строго соблюдать принципы и цели Устава ООН. Соблюдать пять принципов мирного сосуществования, а именно взаимное уважение сувере-

нитета и территориальной целостности, взаимное ненападение, взаимное невмешательство во внутренние дела, равенство и взаимные выгоды, мирное сосуществование. Поддержание открытых дверей для сотрудничества. Государства, относящиеся к «Одному поясу и одному пути», не ограничиваются рамками древнего Шелкового пути. Любое государство, а также любая международная или региональная организация, без исключения могут к нему присоединиться, и пусть результаты совместного строительства послужат интересам народов в более широком районе. Следование принципам согласия и толерантности. Выступать за инклюзивность разных цивилизаций, уважать выбор пути и модели развития каждого государства, активизировать межцивилизационный диалог, стремиться к общности при сохранении различий, заимствовать все полезное друг у друга, осуществлять мирное сосуществование и общее процветание.

Поддержка функционирования рынка. Соблюдать рыночный закон и общепринятые международные правила, в полной мере проявлять решающую роль рынка в распределении ресурсов, а также ведущую роль предприятий разных категорий. В то же время правительство также должно хорошо играть свою роль. Необходимо придерживаться принципа взаимной выгоды и общего выигрыша, учитывать интересы и озабоченности каждой из сторон, искать точки соприкосновения интересов и максимальные общие моменты для сотрудничества, выявлять мудрость и креативность каждой из сторон, давать всем себя хорошо рекомендовать, и достоинства, и возможности, и преимущества, и потенциал.

Основные концепции. «Один пояс и один путь» – это путь, ведущий к совместному развитию, совместному процветанию, сотрудничеству и обоюдному выигрышу. Это путь взаимопонимания и доверия, многовекторного взаимодействия, мира и дружбы. Инициатива китайского правительства базируется на идеях мира и сотрудничества, открытости и толерантности, взаимного заимствования и обмена опытом, взаимной выгоды и обоюдного выигрыша. Инициатива направлена на всестороннее деловое сотрудничество, призвана формировать сообщество интересов, сообщество судьбы и сообщество ответственности, для которого характерно политическое взаимодоверие, экономическая интеграция и культурная толерантность. «Один пояс и один путь» проходят материки Азии, Европы и Африки. С одного конца – активные экономики Восточной Азии, с другого – развитые экономики Европы, а между ними пролегают обширные земли государств с огромным потенциалом экономического развития. Основные маршруты экономического пояса Шелкового пути ведут из Китая через Центральную Азию, Россию до Европы /до Балтийского моря/; из Китая через Центральную Азию и Западную Азию до Персидского залива и Средиземного моря; из Китая в Юго-Восточную Азию, в Южную Азию к Индийскому океану. Основные направления морского Шелкового пути XXI века: из морских портов Китая через Южно-Китайское море до Индийского океана и дальше до Европы, а также из китайских портов через Южно-Китайское море в южную акваторию Тихого океана.

В основных направлениях «Один пояс и один путь» будет создаваться новый континентальный мост между Европой и Азией, международные коридоры экономического сотрудничества «Китай–Монголия–Россия», «Китай–Центральная Азия–Западная Азия» и «Китай–Индокитай». В их основу лягут крупные международные маршруты с опорными точками в ключевых городах и площадках для сотрудничества в важных торгово-экономико-производственных зонах. На море будут создаваться безопасные, бесперебойные и высокоэффективные транспортные маршруты с узловыми точками в важнейших портах. Экономические коридоры «Китай–Пакистан» и «Бангладеш–Китай–Индия–Мьянма» тесно связаны с продвижением инициативы «Один пояс и один путь». Надо продвинуть сотрудничество между ними и достигнуть большего прогресса.

Создание «Одного пояса и одного пути» открывает широкие экономические перспективы открытого сотрудничества для всех участвующих стран. Заинтересованные страны вдоль Шелкового пути должны работать общими усилиями, двигаться навстречу друг другу, достигать взаимной выгоды и обеспечивать общую безопасность. При этом государства-участники всемерно совершенствуют региональную инфраструктуру, формируют базовую сеть безопасных и высокоэффективных транспортных путей на суше, на море и в воздухе,



разрабатывают взаимосвязи нового уровня. Инвестиционные и торговые процедуры упрощаются, образуется базовая сеть высококлассных зон свободной торговли, экономические связи укрепляются, политическое взаимодоверие углубляется. Гуманитарные обмены расширяются и углубляются, разные цивилизации друг друга дополняют и вместе процветают, а народы друг друга хорошо понимают и они могут жить в мире и дружбе.

Приоритеты сотрудничества. Существует значительная разница между странами вдоль Шелкового пути в уровне обеспеченности природными ресурсами и большая экономическая взаимодополняемость, так что потенциал сотрудничества огромный. Основное содержание сотрудничества состоит из пяти пунктов: политическая координация, взаимосвязь инфраструктуры, бесперебойная торговля, свободное передвижение капитала и укрепление близости между народами. Сейчас конкретно о них.

Политическая координация. Укрепление политической координации является важной гарантией продвижения реализации проектов «Один пояс и один путь». Укреплять межправительственное сотрудничество, активно создавать многоуровневые межправительственные механизмы контактов по координации макрополитики, углублять интеграцию интересов, содействовать политическому взаимодоверию, достигать новых консенсусов по сотрудничеству. Соседние страны могут свободно обмениваться информацией по стратегиям экономического развития и принимаемым мерам; и совместно принимать меры по развитию регионального сотрудничества; разрешать проблемы в сотрудничестве путем консультаций, совместно обеспечивать политическую поддержку для делового сотрудничества и реализации крупномасштабных проектов.

Взаимосвязь инфраструктуры. Взаимосвязь инфраструктуры является приоритетным направлением реализации проекта «Один пояс и один путь». На основе уважения национального суверенитета и безопасности заинтересованных государств страны-участницы проекта должны осуществить стыковки планов по строительству инфраструктуры и системы технологических стандартов, совместно содействовать строительству международных магистралей и постепенно формировать сеть инфраструктуры у субрегионов Азии, а также соединяющую Азию, Европу и Африку. Необходимо строить объекты «зеленой» низкоуглеродистой инфраструктуры, и в ходе эксплуатации тоже уделять этому неослабленное внимание, предотвращая негативное влияние на среду и климат. Как следует взяться за ключевые коридоры, узлы и приоритетные проекты транспортной инфраструктуры; в первую очередь проложить недостающие участки, расширить узкие отрезки, усовершенствовать комплекующие объекты безопасности дорожного движения и дорожного оборудования, повысить уровень доступности дорог. Содействовать созданию единого координационного механизма по всему маршруту; стимулировать органическую стыковку международной системы прохождения таможи, перегрузки товара и мульти-модальной перевозки; постепенно формировать совместимые и нормативные правила транспортировки в пользу облегчения международной транспортировки; стимулировать инфраструктурное строительство на пограничных переходах; добиваться бесперебойного функционирования сухопутных и водных каналов для смешанных перевозок; содействовать совместному строительству портов; увеличивать количество морских маршрутов и авиасообщений; укреплять сотрудничество по информатизации в морской логистике.

Вывод. «Один пояс и один путь» – это путь взаимного уважения и взаимного доверия, путь сотрудничества и общего выигрыша, путь межцивилизационного взаимозаимствования. Если только все государства, расположенные вдоль этого пути, единодушно сотрудничают и идут навстречу друг другу, то качественно новая страница будет вписана в историю экономического пояса Шелкового пути и морского Шелкового пути XXI века, а его результаты станут общим благом народов стран вдоль «Одного пояса и одного пути».

#### *Список литературы*

1. Мосичева Т.Н. Развитие российской транспортной сети в свете интеграции Евразии. Москва: Издательство Академии МНЭПУ. 2014. С. 15-22.

2. Шаталова Н.В. Развитие транспортной отрасли как основополагающей при решении проблем стратегического и экономического характера // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2017. Т. 1. С. 230-233.

3. Шаталова Н.В. Пространственное развитие России. транспортный аспект // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. 2016. С. 354-359.

4. Сафранчук И.А. Концепция «Новый Шелковый путь» и политика США в «Большой Центральной Азии» // Журнал «Международная жизнь». 2013. С. 32-37.

5. Кузиев Н.А. Концепция нового Шелкового Пути: суть, специфика, перспективы. Казань: Издательство «Молодой ученый». 2015. С. 28-35.

6. Кузиев Н.А. Политические аспекты концепции «Экономического пояса Шелкового Пути». Казань: Издательство «Молодой ученый». 2015. С. 36-41.

7. Чеклина Т.Н. Перспективы сотрудничества стран ШОС в рамках проекта «Экономический пояс на Великом Шелковом Пути» // Москва: Издательство Всероссийской академии внешней торговли МЭР РФ. 2015. С. 81-88.

УДК: 338.47:656

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ ДЕЙСТВИЯ ПО СОВМЕСТНОМУ СОЗДАНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЯСА ШЕЛКОВОГО ПУТИ И МОРСКОГО ШЕЛКОВОГО ПУТИ XXI ВЕКА**

*Парфенов Александр Сергеевич – младший научный сотрудник 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)  
Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВСРФ  
191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10А, geosanchez@mail.ru*

*Аннотация. В работе предлагаются возможные практические действия по созданию и развитию экономического пояса Шелкового пути и Морского Шелкового Пути XXI века. Приведен анализ международного опыта по созданию аналогичных транспортных систем. Показана актуальность и рациональность развития данной транспортно-экономической системы.*

*Ключевые слова: Шёлковый путь, транспортная система, экономический пояс.*

## **PRACTICAL ACTIONS ON THE JOINT CREATION OF THE ECONOMIC BELT OF THE SILK WAY AND THE MARINE SILK WAY OF THE XXI CENTURY**

*Parfenov Alexander S. – postgraduate student, MNS (researcher), Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation  
Voskresenskaya Emb., 10a, St. Petersburg, 191123, Russian Federation,  
geosanchez@mail.ru*

*Abstract. The paper considers the prospects of the creation and development of the economic belt of the Silk Way and the Sea Silk Way of the 21st century. The analysis of the international experience on creation of similar transport systems is given. It shows the relevance and rationality of the development of this transport and economic system.*

*Keywords: Silk way, transport system, economic belt.*

В настоящее время ускоряется интеграция мировой экономики, региональное сотрудничество находится на подъеме. Используя действующие механизмы двустороннего и многостороннего сотрудничества, китайское правительство активно продвигает строительство «Одного пояса и одного пути», содействует стремительному развитию регионального сотрудничества.

Укрепление двустороннего сотрудничества, развертывание контактов и консультаций на разных уровнях и по различным каналам, содействие всеобъемлющему развитию двусторонних отношений, продвижение заключения меморандума о сотрудничестве, либо программы сотрудничества, создание ряда образцов двустороннего сотрудничества. Создание и усовершенствование двустороннего механизма совместной работы, разработка плана действия и дорожной карты по строительству «Одного пояса и одного пути» [1-5].

Необходимо в полной мере выявить роль существующих объединенных и смешанных комитетов, координационных комитетов и руководящих комитетов, управленческих комитетов, а также других двусторонних механизмов, координировать и направлять реализацию совместных проектов.

Укреплять роль многосторонних механизмов, раскрывать все преимущества таких многосторонних механизмов, как Шанхайская организация сотрудничества (ШОС), Китай–АСЕАН (формат «10+1»), Азиатско-Тихоокеанское экономическое сотрудничество (АТЭС), Форум «Азия–Европа» (АСЕМ), Диалог по сотрудничеству в Азии (ДСА), Совещание по взаимодействию и мерам доверия в Азии (СВМДА), Форум китайско-арабского сотрудничества, Диалог Китай–Совет сотрудничества арабских государств Персидского залива (Китай–ССАГПЗ), Экономическое сотрудничество Субрегиона Большого Меконга (СБМ), Центрально-азиатское региональное экономическое сотрудничество (ЦАРЭС), а также укреплять связи с соответствующими государствами, привлекать больше государств и регионов к участию в осуществлении инициативы «Одного пояса и одного пути» [6,7].

Следует продолжать развивать конструктивную роль прилегающих территорий, региональных и субрегиональных международных форумов, выставок, а также Боаоского азиатского форума, Ярмарки «Китай–АСЕАН», ЭКСПО «Китай–Евразия», Евразийского экономического форума, Китайская международная инвестиционно-торговая ярмарка (CIFIT), Ярмарка «Китай–южноазиатские страны», ЭКСПО «Китай–Арабские страны», Международной ярмарки Западного Китая, ЭКСПО «Китай–Россия», Форума сотрудничества «Цяньхай» и других платформ. Необходимо поддерживать выявление местными властями и общественными организациями культурно-исторического наследия вдоль маршрутов «Одного пояса и одного пути», совместно организовывать специальные торгово-инвестиционные мероприятия и мероприятия культурного обмена, провести Международную культурную выставку «Шелкового пути» в г. Дуньхуане, Международный кинофестиваль «Шелковый путь» и книжную выставку-ярмарку; выступить с инициативой создания международного форума по реализации проекта «Одного пояса и одного пути».

Тенденция региональной открытости Китая. Продвигая создание «Одного пояса и одного пути», Китаю необходимо в полной мере использовать сравнительные преимущества регионов страны, более активно осуществлять стратегию открытости, укреплять взаимодействие и кооперацию между восточными, центральными и западными регионами страны, всесторонне повышать уровень экономической открытости.

Северо-западный и северо-восточный регионы. Необходимо использовать уникальные географические преимущества Синьцзяна, как окна на Запад, углубить обмен и сотрудничество со странами Центральной Азии, Южной Азии и Западной Азии, на основе «экономического пояса Шелкового пути» создать транспортный узел, центр бизнес-логистики и центр культуры, науки и образования, а также ключевой район «экономического пояса Шелкового пути». Необходимо используя общие экономические и культурные преимущества провинций Шэньси и Ганьсу, а также культурную общность народов регионов Нинся и Цинхай, создать в Сиане внутреннюю зону опережающего развития для продвижения реформы открытости, ускорить развитие открытости в Ланьчжоу и Синине, содействовать созданию внутренней экспериментальной зоны экономической открытости в Нинся-Хуэйском АР, сформировать торгово-логистический узел и коридоры, а также основные индустриальные базы и центры гуманитарного обмена, ориентированные на Центральную, Южную и Западную Азию. Также необходимо использовать преимущество АР Внутренней Монголии, как территории, примыкающей к России и МНР, улучшить железнодорожное сообщение Хэйлунцзяна с Россией, а также сотрудничество Хэйлунцзяна, Цилиня, Ляонина с Дальним Востоком РФ в об-

ласти комбинированной сухопутной и морской транспортировки. Следует продвигать создание Евразийского высокоскоростного транспортного коридора «Москва-Пекин», создать «окно» на север.

Юго-западный регион. Следует использовать уникальные преимущества близкого расположения Гуанси-Чжуанского АР и стран АСЕАН, ускорить развитие и открытость экономической зоны Тонкинского залива и экономического пояса Чжуцзян-Сицзян, создать международный коридор в сторону стран АСЕАН, выявить новые стратегические опоры развития и открытости юго-западного и центрально-южного регионов страны, сформировать ключевые «порты», органично связывающие экономический пояс Шелкового пути с морским Шелковым путем XXI века. Необходимо раскрыть географические преимущества Юньнана, продвигать создание транспортных коридоров с соседними странами, сделать зоной высокоэффективного развития Экономическое сотрудничество Субрегиона Большого Меконга, построить центр для соединения с Южной и Юго-Восточной Азией. Следует продвигать сотрудничество в приграничной торговле и туризме Тибета с Непалом и другими соседними странами.

Прибрежный район, Сянган, Аомэнь и Тайвань. Следует использовать преимущества дельты реки Янцзы, дельты реки Чжуцзян, западного берега Тайваньского пролива и территории, прилегающей к Бохайскому заливу и других районов территории с высоким уровнем открытости и сильной экономикой, как локомотив для ускорения продвижения создания Китайской экспериментальной зоны свободной торговли в Шанхае. Следует поддерживать Фуцзянь как ядро «морского Шелкового пути XXI века». Всесторонне проявить роль Цяньхая (Шэньчжэнь), Наньша (Гуанчжоу), Хэнциня (Чжухай), Пинтаня (Фуцзянь) как зон открытости и сотрудничества. Необходимо углубить сотрудничество с Сянганом, Аомэнем и Тайванем, создать зону Гуандун–Сянган–Аомэнь, содействовать Чжэцзянской приморской показательной зоне открытого экономического развития, Фуцзяньской экспериментальной экономической зоне «Хайся-ланьсе» и строительству новой зоны архипелага Чжоушань, увеличивать открытость международного туристического центра на острове Хайнань. Следует усилить строительство портов в приморских городах Шанхай, Тяньцзинь, Нинбо-Чжоушань, Гуанчжоу, Шэньчжэнь, Чжэньчжоу, Шаньтоу, Циндао, Яньтай, Далянь, Фучжоу, Сямэнь, Цюаньчжоу, Хайкоу, Санья и других. Усилить мощностные международные аэропорты Шанхая, Гуанчжоу и других городов. Посредством расширения открытости продвигать вглубь реформы, создать новую систему открытой экономики, усилить инновационные потенциалы в научно-технической области, чтобы получить новые преимущества в международном сотрудничестве и конкуренции, выступать в авангарде строительства «Одного пояса и одного пути», в особенности «морского Шелкового пути XXI века». Следует использовать уникальные преимущества китайцев-соотечественников за рубежом, а также ОАР Сянган и Аомэнь, которые могут участвовать и содействовать строительству «Одного пояса и одного пути». Необходимо соответствующим образом спланировать участие Тайваня в строительстве «Одного пояса и одного пути».

Внутренние районы. Используя обширные пространства, богатые ресурсы рабочей силы, индустриальные базы внутренних районов, опираясь на группу городов в районе среднего течения реки Янцзы, группу городов Чэнду–Чунцин, группу городов в Центральном районе Китая и группу городов Хух-Хото, Баотоу, Ордос и Юйлинь, группу городов Харбин–Чанчунь, продвинуть региональное взаимное сотрудничество и развитие промышленных кластеров. Создать опору в качестве зоны открытого развития на западе Чунцина и зоны опережающего развития с открытой экономикой в Чэнду, Чжэньчжоу, Ухане, Чанша, Нанчане, Хэфэе и других городах. Ускорить продвижение сотрудничества между регионами верхнего и среднего течения реки Янцзы и Приволжского федерального округа РФ.

Завершить строительство Евразийского железнодорожного транспортного коридора, координационного механизма таможенных постов, создать бренд контейнерного поезда «Китай–Европа», построить коридор, связывающий внутренние территории с границей, а также западные, центральные и восточные регионы Китая. Поддерживать Чжэньчжоу, Сиань и другие внутриконтинентальные города в строительстве воздушных портов, международ-

ных сухопутных портов, укреплять сотрудничество внутриконтинентальных портов с приморскими таможенными постами, а также развернуть испытательные проекты трансграничной электронной торговли. Следует оптимизировать расположение районов особого таможенного контроля, привнести инновации в модель торговли продукцией обрабатывающей промышленности, углубить промышленное сотрудничество с государствами вдоль «экономического пояса Шелкового пути».

Активные действия Китая. Год с лишним китайское правительство активно продвигает инициативу создания «Одного пояса и одного пути», укрепляет контакты и консультации с государствами вдоль «экономического пояса Шелкового пути», продвигает с ними практическое сотрудничество, осуществило при этом ряд мер, что уже дало первые результаты.

Шаги, предпринятые на высоком уровне. Председатель КНР Си Цзиньпин, премьер Госсовета КНР Ли Кэцян и другие государственные руководители нанесли визиты в более чем 20 государств, приняли участие в Диалоге по укреплению взаимосвязанного партнерства, 6-й министерской встрече Форума китайско-арабского сотрудничества, в ходе которых имели встречи с главами государств и правительств соответствующих стран по поводу двусторонних отношений и регионального развития, было всесторонне разъяснено глубокое и позитивное содержание инициативы «Одного пояса и одного пути». Стороны достигли взаимопонимания по широкому спектру вопросов совместного создания «Одного пояса и одного пути».

Вывод. Китай готов вместе со странами, расположенными вдоль этого пути, уверенно продвигать реализацию демонстрационно-показательных проектов, сообща определить ряд проектов с учетом двусторонних и многосторонних интересов, вплотную взяться за реализацию проектов, получивших всеобщее признание и отличающихся высокой степенью готовности в интересах скорейшего достижения успехов.

#### *Список литературы*

1. Мосичева Т.Н. Развитие российской транспортной сети в свете интеграции Евразии. Москва: Издательство Академии МНЭПУ. 2014. С. 15-22.
2. Шаталова Н.В. Развитие транспортной отрасли как основополагающей при решении проблем стратегического и экономического характера // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2017. Т. 1. С. 230-233.
3. Шаталова Н.В. Пространственное развитие России. транспортный аспект // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. 2016. С. 354-359.
4. Сафранчук И.А. Концепция «Новый Шелковый путь» и политика США в «Большой Центральной Азии». Москва: Издательство редакции журнала «Международная жизнь». 2013. С. 32-37.
5. Кузиев Н.А. Концепция нового Шелкового Пути: суть, специфика, перспективы. Казань: Издательство «Молодой ученый». 2015. С. 28-35.
6. Кузиев Н.А. Политические аспекты концепции «Экономического пояса Шелкового Пути». Казань: Издательство «Молодой ученый». 2015. С. 36-41.
7. Чеклина Т. Н. Перспективы сотрудничества стран ШОС в рамках проекта «Экономический пояс на Великом Шелковом Пути». Москва: Издательство Всероссийской академии внешней торговли МЭР РФ. 2015. С. 81-88.

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ  
ТОРМОЗНОЙ ЖИДКОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРАБАТЫВАНИЯ  
ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ЭКСПЕРТИЗЕ ДТП**

**Подопригора Николай Владимирович** – кандидат технических наук, заместитель декана по учебной работе Автомобильно-дорожного факультета, доцент кафедры наземных транспортно-технологических машин

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д. 4, n.v.podoprigora@gmail.com

**Добромиров Виктор Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры наземных транспортно-технологических машин

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

190003, Россия, Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д. 4, viktor.dobromirov@mail.ru

**Стёпина Полина Александровна** – доцент кафедры наземных транспортно-технологических машин

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

190003, Россия, Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д. 4, ramallia@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию эксплуатационного фактора, влияющего на время срабатывания тормозной системы, и обоснованию необходимости его учета при экспертизе дорожно-транспортных происшествий. Изложены предложения по совершенствованию методики реконструкции дорожно-транспортных происшествий путем учета влияния качественного состава тормозной жидкости, вызывающего увеличение времени торможения и длины остановочного пути транспортного средства, оснащенного гидравлическим приводом тормозов. Экспериментально установлена закономерность влияния температуры кипения тормозной жидкости на общее время срабатывания тормозной системы. Выведен и обоснован коэффициент, учитывающий это влияние на расчетные значения времени торможения и остановочного пути ТС.

Ключевые слова: автотранспортное средство, экспертиза дорожно-транспортных происшествий, тормозная система с гидроприводом, тормозная жидкость, техническое состояние тормозной системы, процесс торможения, эффективность торможения.

**METHODS OF ASSESSING THE INFLUENCE OF BRAKE FLUID ON  
THE EFFICIENCY OF THE BRAKE SYSTEM DURING APPRAISAL  
OF ROAD TRAFFIC ACCIDENT**

*Podoprigora Nickolay V. – Candidate of Technical Sciences, Deputy dean for academic affairs faculty of Automobile and road-building, Associate Professor, Department of land transport technological vehicles, Saint- Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,*

*2nd Krasnoarmeyskaya str., 4, St. Petersburg, 190005, Russian Federation, n.v.podoprigora@gmail.com*

*Dobromirov Viktor N. – doctor of technical Sciences, Professor, Department of land transport technological vehicles, Saint- Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering*

*2nd Krasnoarmeyskaya str., 4, St. Petersburg, 190005, Russian Federation, viktor.dobromirov@mail.ru*

*Stepina Polina A. - candidate of technical Sciences, Associate Professor, Department of land transport technological vehicles, Saint- Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering*

*2nd Krasnoarmeyskaya str., 4, St. Petersburg, 190005, Russian Federation, pamallia@mail.ru*

***Abstract.** The article is devoted to investigation of some operational factors affecting the response time of a brake system and substantiation of the need for their consideration in reconstructing and investigating traffic accidents. The aim of this article is to publish proposals for improving the traffic accidents (TA) assessment methodology by considering extra operational factors that increase the braking time and the length of stopping distance of a vehicle fitted with a hydraulic brake drive. Experiments have proved that there is regularity in influence of the braking fluid boiling temperature on the total braking system response time. A coefficient has been calculated and substantiated that takes into account this influence on designed braking time values and vehicle stopping distance.*

***Keywords:** Vehicle, traffic accident investigation, brake fluid, hydraulic drive braking system, braking system condition, braking process, braking efficiency.*

Согласно исследованиям, с процессом торможения связана большая часть всех дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Объективно установить истинную причину ДТП и определить техническую возможность водителя предотвратить его - основная цель автотехнического эксперта. При проведении экспертиз ДТП до сих пор используются методики, не учитывающие различные эксплуатационные факторов, влияющие на эффективность срабатывания тормозных систем. Анализ расчетных зависимостей, позволяющих определить скорость движения ТС ( $V_a$ ), время ( $t$ ) и путь торможения ( $S_o$ ), показал, что в них автотехническими экспертами не учитывается ряд эксплуатационных факторов.

Необходимость учета этих факторов, а также методика корректировки расчетных зависимостей с учетом их влияния на итоговое заключение эксперта о возможности водителя предотвратить ДТП, подробно рассмотрены в работах [1,2,3,7,8].

Проведенные авторами статьи исследования технического состояния тормозной системы ТС, оснащенной дисковыми тормозами и гидравлическим приводом, позволили оценить влияние качественного состава тормозной жидкости, характеризуемого температурой ее кипения ( $T$ ), на общее время срабатывания тормозной системы ( $t_{cp}$ ).

Методика оценки влияния температуры кипения тормозной жидкости на эффективность срабатывания тормозной системы

С целью оценки влияния температуры кипения тормозной жидкости ( $T$ ) на общее время срабатывания тормозной системы ( $t_{cp}$ ) была разработана методика экспериментальных исследований, учитывающая указанные выше нормативы и обстоятельства. Объектом исследования были автотранспортные средства категорий М1, имеющие технически допустимую максимальную массу не более 3,5 т. На примере этих АТС были проведены испытания эффективности срабатывания тормозной системы на тормозном стенде МАНА IW2 Eurosystem станции инструментального контроля и диагностики согласно разработанному алгоритму. Температура кипения тормозной жидкости определялась рефрактометром ADD502.

Расчитанное значение температуры кипения тормозной жидкости принимается как нормативное ( $y_{nor}$ ) для исследуемого ТС. Если техническое состояние ТС позволяет производить исследование состояния тормозной жидкости, то полученный фактический результат ( $y_{fac}$ ) сравнивается с принятыми нормативными (стандарт FMVSS №116 "Автомобильные тормозные жидкости") и делается вывод о состоянии тормозной системы: если  $y_{fac} \geq y_{nor}$  то измеряемый параметр не может повлиять на увеличение времени срабатывания тормозов и корректирующий коэффициент принимается равным 1, а если  $y_{fac} < y_{nor}$ , то измеряемый параметр оказывает влияние на увеличение времени срабатывания тормозов, и коэффициент снижения эффективности  $K_4$  высчитывается по зависимости:

$$K_4 = \frac{y_{nor_i}}{y_{fac_i}}. \quad (1)$$

На основании проведенных экспериментальных исследований, в методику вычисления времени срабатывания тормозной системы предложено внести новый корректирующий коэффициент  $K_4$ , уточняющий как время нарастания замедления  $t_3$  до максимального, так и время торможения с установившимся замедлением  $t_4$ .

В этом случае, расчетные зависимости для вычисления тормозных параметров при экспертизах ДТП, позволяющие определять  $S_o$ ,  $V_a$ , с учетом влияния эксплуатационных факторов принимают вид [4,5,6]:

остановочный путь для ТС, оснащенных ABS, м:

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,375 \cdot K_1 \cdot K_4 \{t_{ном} - t_2 - t_p\})V_a + \frac{V_a^2}{1,5 \cdot \varphi \cdot g}. \quad (2)$$

скорость автомобиля перед торможением с учетом юза, км/ч:

$$V_a = 1,8 \cdot J_n \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3 \cdot t_3 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_4 + \sqrt{26 \cdot J_n \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3 \cdot S_o}. \quad (3)$$

где  $\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3$  – коэффициенты замедления, учитывающие марку ТС, дорожные условия и степень загрузки автомобиля;  $M_n$  – действительная масса ТС в момент ДТП;  $M_c$  – масса снаряженного ТС;  $t_{ном}$  – установленное техническим регламентом максимально допустимое время срабатывания тормозного механизма;  $t_p$  – время нарастания замедления (до вступления в силу технического регламента  $t_p=0,5c$ );  $\varphi$  – коэффициент сцепления колеса с дорогой;  $a$  – предельно допустимая величина тормозного ускорения;

$K_1$  – коэффициент, корректирующий время нарастания замедления  $t_3$  до максимального;

$K_2, K_4$  – коэффициенты, корректирующие как  $t_3$ , так и время торможения с установившимся замедлением  $t_4$ ;

$K_3$  – коэффициент, корректирующий  $t_4$ , где:  $t_4$  – время торможения с установившимся замедлением, с:

$$t_4 = K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot \frac{V_a - 1,8 \cdot J_n \cdot t_3}{3,6 \cdot J_n}. \quad (4)$$

Предлагаемые уточнения методики могут быть реальным инструментом повышения качества работы эксперта при экспертизах ДТП с участием АТС полной массой до 3,5 тонн, оснащенных дисковыми тормозами с гидравлическим приводом.

Практическая значимость заключается в повышении корректности оценки экспертом действий водителя по предотвращению ДТП с учетом технической возможности ТС.

#### Список литературы

1. Подопригора Н.В. Влияние дополнительных факторов на время срабатывания тормозной системы транспортного средства при вычислении остановочного пути. // Современные проблемы науки и образования. 2012. №2. URL: [www.science-education.ru/102-6096](http://www.science-education.ru/102-6096).

2. Евтюков С.А., Подопригора Н.В. Совершенствование методики вычисления остановочного пути. // Вестник гражданских инженеров: научно-технический журнал. 2012. №4 (33). С. 214-219.

3. Подопригора Н.В. Совершенствование методики определения тормозных параметров при реконструкциях ДТП. // Вестник гражданских инженеров: научно-технический журнал. 2012. № 6 (35). С. 143-150.



4. Бухарин Н.А., Прозоров В.С., Щукин М.М. Автомобили / М.: Машиностроение. 1965. 504с.
5. Иларионов В.А. Эксплуатационные свойства автомобиля / М.: Машиностроение. 1966. 279с.
6. Крузе И.Л. Автомобильные тормозы. Москва: Военное издательство министерства вооруженных сил Союза ССР. 1947. 287 с.
7. Подопригора Н.В. Методика определения параметров процесса торможения автотранспортных средств при реконструкции ДТП // Материалы 11-ой международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» СПбГАСУ. 2014. С. 489-498.
8. Подопригора Н.В. Определение параметров процесса торможения автотранспортных средств при реконструкции и экспертизе ДТП. // Мир транспорт и технологических машин. 2015. №1(48). С. 93-102.

## **ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

*Кушпиль Игорь Васильевич – младший научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, i\_kushpil@mail.ru*

*Кураков Андрей Валерьевич – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13*

*Аннотация. В статье рассмотрены основные проблемы, возникающие при расчете стоимости жизненного цикла систем ЖАТ. Данный вопрос рассматривается впервые в отечественных научных публикациях. Проведен анализ существующей нормативной документации по данному вопросу. Указаны пробелы в нормативной документации, неточности, а также некоторые ошибки. Предложен подход для более глубокой проработки данного вопроса.*

*Ключевые слова: жизненный цикл изделия, стоимость жизненного цикла, расчет жизненного цикла, железнодорожная автоматика и телемеханика, устройства ЖАТ, устройства СЦБ, совокупная стоимость владения.*

## **CALCULATION PROBLEMS OF LIFE CYCLE COSTING OF RAILWAY AUTOMATIC AND REMOTE CONTROL SYSTEMS**

*Kushpil Igor V. – junior researcher of Laboratory of the organization of transport systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, i\_kushpil@mail.ru  
Kurakov Andrey V. – PhD, Senior Researcher of the Laboratory of Intelligent Transport Systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Abstract. The article considers the main problems that arise when calculating the life cycle costs of railway automatic and remote control systems. This issue is considered for the first time in Russian scientific publications. The analysis of the existing normative documentation on this issue*

is carried out. Problems in the regulatory documentation, inaccuracies, and some errors are indicated. An approach is proposed for a deeper study of this issue.

*Keywords:* life cycle costs calculation, LCC developing life cycle costing, railway signaling systems, railway industry.

Руководство ОАО «РЖД» регулярно делает инвестиции в системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ), выбирает разработчиков и поставщиков оборудования. Заинтересованные стороны требуют не только лучших технических, но и наиболее экономичных решений, так как эти решения имеют последствия в течение длительного периода в будущем.

Обычно, при выборе оборудования, во внимание берется только начальная стоимость приобретения и не учитываются все последующие расходы на эксплуатацию и обслуживание, доля которых составляет порядка 60-70 % всех расходов (рис. 1).

Стоимость жизненного цикла – Life Cycle Cost (LCC) – это полная стоимость системы или продукта на протяжении всего срока службы.

Метод расчета LCC был разработан Министерством обороны США в середине 1960-х годов и использовался как инструмент принятия экономических решений для крупных инфраструктурных проектов, в дальнейшем распространенный на многие сферы деятельности [1].

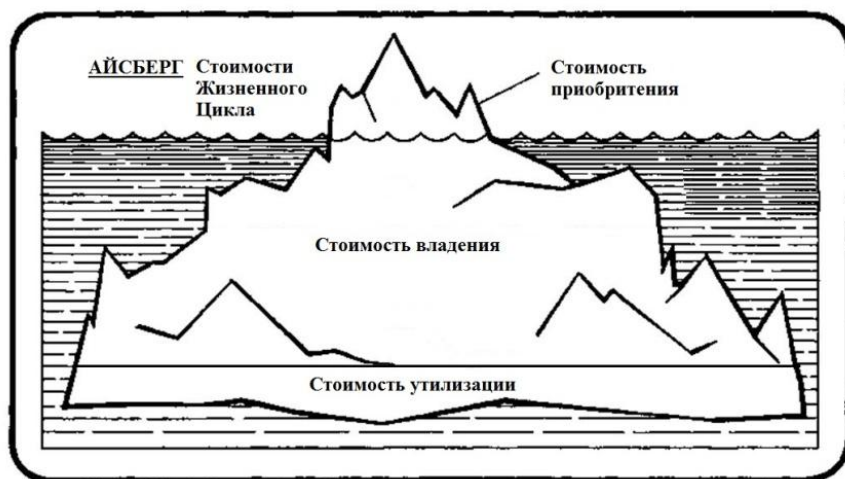


Рисунок 1 – Классическое представление стоимости жизненного цикла (LCC)

Сегодня этот метод, наиболее рекомендуемый для инвестиционных проектов и оценки различных решений на протяжении всего жизненного цикла систем и оборудования.

Это итеративная работа по поиску наиболее желательных альтернатив. Итеративная работа означает, что изначальная система, которая является исходной концепцией, может быть улучшена во время итеративного анализа LCC [2].

Существующая нормативная документация:

– IEC 60300-3-3 (2004) «Dependability management – Part 3-3: Application guide - Life cycle costing», NEQ) [3];

– ГОСТ Р 27.202-2012 «Надежность в технике. Управление надежностью. Стоимость жизненного цикла» [4];

– СТО РЖД 1.05.509.15-2008 «Руководство по оценке стоимости жизненного цикла продукции (LCC)» [5];

– «Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта (основные положения)», утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» № 2459р от 27.12.2007 [6].

В данном документе, приводится общеизвестная формула расчета LCC сложных технических систем:

$$LCC = C_{\text{пр}} + \sum_{t=1}^T (I_t + \Delta K_t - L_t) \cdot \alpha_t, \quad (1)$$

где  $C_{\text{пр}}$  – цена приобретения системы (первоначальная стоимость), тыс. руб.;  
 $I_t$  – годовые эксплуатационные расходы, тыс. руб.;  
 $\Delta K_t$  – единовременные затраты связанные с внедрением техники в эксплуатацию, тыс. руб.;

$L_t$  – ликвидационная стоимость объекта, тыс. руб.;

$\alpha_t$  – коэффициент дисконтирования;

$t$  – текущий год эксплуатации;

$T$  – конечный год эксплуатации [6].

Недостатки формулы (1):

1) Цена приобретения ( $C_{\text{пр}}$ ) здесь приводится в узком смысле и может применяться только потенциальным покупателем (пользователем) системы, но не разработчиком. В широком смысле  $C_{\text{пр}}$  состоит из суммы затрат понесенных на первых 4-х фазах жизненного цикла системы (

2) Рисунок 2, Таблица 1).

Примечание: Расчет стоимости каждой фазы (1-4) нуждается в дополнительной проработке, что не отражено в данном нормативном документе.

3) Единовременные затраты ( $\Delta K_t$ ) представляют собой затраты связанные с внедрением системы, а именно, проведение строительно-монтажных (СМР), и пусконаладочных работ (ПНР), а также организация движения поездов на время проведения этих работ.

Примечание: в аспекте СЖАТ, рассмотрение  $\Delta K_t$  как отдельного элемента затрат является некорректным, так как СЖАТ не существует без проведения СМР и ПНР. Поэтому единовременные затраты обязательно должны быть учтены в составе цены приобретения системы  $\rightarrow \Delta K_t \subset C_{\text{пр}}$ .

4) Применение коэффициента дисконтирования ( $\alpha_t$ ) к  $\Delta K_t$  является некорректным, так как  $\Delta K_t$  не возникают в процессе эксплуатации системы, соответственно не возникает необходимости в учете влияния фактора времени на стоимость.

Примечание:  $\alpha_t$  следует учитывать только при расчете  $I_t$  за каждый год эксплуатации системы кроме первого ( $T-1$ ), а также  $L_t$  за конечный год эксплуатации ( $T$ ). Кроме того, остается не раскрытым вопрос правильного выбора ставки дисконтирования для различных объектов железнодорожной инфраструктуры.

По мнению автора данной статьи, перечисленная выше нормативная документация и приведенная формула расчета LCC носит рекомендательный характер, и нуждается в доработке. В полной мере не описаны последовательность и особенности расчета LCC, отсутствует математическая часть для расчета каждой из фаз жизненного цикла, не приведены примеры расчетов. Таким образом, сложились обстоятельства, при которых нормативная документация по данному вопросу существует, но фактически она неприменима для практического использования.

Каждая из фаз ( $f_1 - f_6$ ) (рис. 2) состоит из статей затрат несущих основные расходы на каждой конкретной фазе (Таблица 1) [2,3,7,8].

Таким образом, расчет LCC СЖАТ сводится к суммированию стоимости каждой отдельной фазы жизненного цикла:

$$LCC_{\text{СЖАТ}} = \overbrace{C_{f1} + C_{f2} + C_{f3} + C_{f4}}^{C_{\text{приобр.}}} + \overbrace{C_{f5}}^{C_{\text{влад.}}} - \overbrace{C_{f6}}^{C_{\text{утил.}}} = \sum_{i=1}^6 C_{fi} \quad (2)$$

где  $C_{\text{приобр.}}$  – полная стоимость приобретения системы (оборудования);  $C_{\text{влад.}}$  – полная стоимость владения системой (оборудованием);  $C_{\text{утил.}}$  – полная стоимость утилизации системы (оборудования);  $C_{f1-f6}$  – стоимость каждой фазы (1-6) жизненного цикла системы (оборудования).



Рисунок 2 – Фазы жизненного цикла технических систем

Дальнейшее развитие формулы (2) должно осуществляться в направлении раскрытия математического смысла каждой составляющей  $C_{f1-f6}$ , то есть произвести расчет статей затрат каждой фазы (табл. 1).

Таблица 1 – Основные статьи затрат соответствующие фазам жизненного цикла СЖАТ

Фазы жизненного цикла	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$
	Выработка концепций и определений	Опытно-конструкторские работы	Изготовление технического средства	Внедрение технического средства	Эксплуатация и техническое обслуживание	Утилизация
Статьи затрат	Структура системы	Проектная документация	Приобретение оборудования	Строительные работы	Обучение персонала	Демонтаж
	Условия применения системы	Рабочая документация	Приобретение запасных частей	Монтажные работы	Выплаты персоналу	Утилизация
	Формирование системных требований		Приобретение тары, упаковки, реквизита	Пуско-наладочные работы	Текущее обслуживание системы	
	Технико-коммерческое предложение		Транспортные расходы	Организация движения поездов на время проведения строительных и монтажных работ	Энергообеспечение (топливо, электричество)	
			Расходы на комплектацию		Отчисления в ремонтный фонд	
			Заготовительно-складские расходы		Амортизационные отчисления	

Следует отметить, что при кажущейся простоте, расчет  $LCC_{СЖАТ}$  по ряду причин, является сложной экономической задачей:

1. Отсутствует отечественный опыт расчета  $LCC_{СЖАТ}$ .
2. Зарубежный опыт расчета широко не раскрывается в статьях специализированных иностранных журналов и книг.
3. Отсутствует перечень отечественной нормативной документации, которая бы комплексно раскрывала ту или иную статью затрат.
4. В процессе расчетов  $LCC_{СЖАТ}$  необходимо обращаться к нормативным документам ОАО «РЖД». В основном, необходимая информация (индексы, актуальные изменения) находится в закрытом доступе железнодорожной сети «Intranet» и не доступна для широкого круга пользователей.

### Список литературы

1. CIRP Encyclopedia of Production Engineering / Kara, Sami. 2014. p. 751-753.
2. Life Cycle Costing in High Complex / Stüer, Christian Hoffart and Philipp.: Engineering Asset Management and Infrastructure Sustainability. 2010. P. 375-389.
3. IEC 60300-3-3 (2004) «Dependability management – Part 3-3: Application guide – Life cycle costing», NEQ).
4. ГОСТ Р 27.202-2012 «Надежность в технике. Управление надежностью. Стоимость жизненного цикла».
5. СТО РЖД 1.05.509.15-2008 «Руководство по оценке стоимости жизненного цикла продукции (LCC)».
6. «Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта (основные положения)», утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» № 2459р от 27.12.2007.
7. Jäger, Katja Beck / Thomas Rapp / Bärbel LCC – Ausgangspunkt für Kostensenkungen in der Eisenbahnsignaltechnik// SIGNAL+DRAHT. 05. 2008. Seite. 20-24.
8. Reduction der LCC durch höhere modularität der aussenanlagenansteuerung im stellwerk// SIGNAL+DRAHT.03.2012.

УДК 614.8.084: 656.9

## ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗГОННОГО БЛОКА С КОНТЕЙНЕРОМ ДЛЯ ЭКСТРЕННОЙ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

*Лосев Михаил Александрович – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, losev181983@mail.ru*

*Таранцев Александр Алексеевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, t\_\_54@mail.ru*

*заведующий лабораторией проблем безопасности транспортных систем*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, t\_\_54@mail.ru*

*Аннотация. В работе рассматривается возможность доставки различных «полезных» грузов при помощи реактивных блоков в Арктическую зону при возникновении ЧС. Предложены способы повышения экологической безопасности реактивных блоков. В работе раскрыта актуальность применения реактивных блоков для переноса различных грузов в Арктическую зону, и определяются зоны досягаемости от пунктов базирования стартовых площадок.*

*Ключевые слова: Арктическая зона, экстренная доставка, аварийные ситуации, экологическая безопасность, Северный морской путь.*

## SECURITY PROBLEMS OF THE NORTHERN SEA ROAD BY USING THE EXISTING UNIT WITH THE CONTAINER FOR EMERGENCY DELIVERY OF GOODS

Losev Mikhail A. – Postgraduate faculty training of highly qualified personnel, Saint-Petersburg University of State Fire Service of Russian Ministry of Emergency Situations  
 Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation,  
 losev181983@mail.ru

Tarantsev Alexander A.– Ph.D., professor, professor of department of fire fighting organization and conduct of rescue operations; Head of Laboratory, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences  
 12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, t\_\_54@mail.ru

**Abstract.** The paper considers the possibility of delivering various "useful" cargoes by means of jet blocks to the Arctic zone in the event of an emergency. Methods for improving the environmental safety of reactive units are proposed. The work reveals the relevance of the use of reactive blocks for the transfer of various cargoes to the Arctic zone, and the zones of reach from the starting points of launching sites are determined.

**Keywords:** Arctic zone, emergency delivery, emergency situations, environmental safety, The Northern Sea Route.

Сегодня в мире наблюдается всплеск интереса к Арктике. Развитие заполярных территорий России обеспечит энергетическую и экономическую безопасность нашего государства в условиях обостряющейся геополитической обстановки [1-6].

Северный морской путь считается главной арктической судоходной магистралью в России. Это наиболее короткий путь между Дальним Востоком и Европейской частью страны, связывающий порты Арктики и крупные реки Северного региона. Суда по этому пути везут оборудование, топливо, продовольствие, пушнину, изделия машиностроительной промышленности, лес, уголь, строительные материалы и пр., в том числе и за рубеж. Навигация здесь длится от 2 до 4 месяцев, на отдельных маршрутах, где используются ледоколы, она может быть дольше. Порты Северного морского пути (рис.1) в устьях крупных рек служат перевалочными пунктами для грузовых судов. Ледоколы обслуживают их по следующему принципу: Мурманск-Дудинка (западный арктический сектор), приписанный к Мурманскому морскому пароходству, а от Дудинки до Чукотки (восточный сектор) ходят ледоколы Дальневосточного морского пароходства.

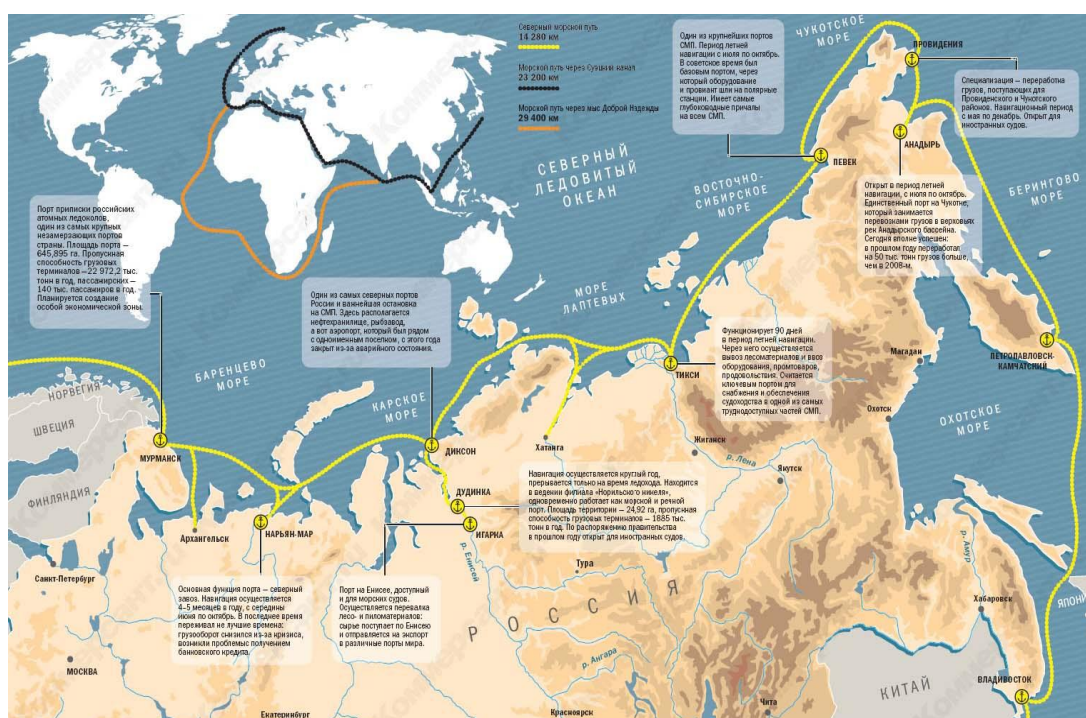


Рисунок 3 – Северный морской путь России

Для России Северный морской путь в качестве транспортной артерии имеет огромное значение, особенно для тех областей, которые связывают с водами Ледовитого океана большие реки – Индигирка, Лена, Обь, Енисей, Хатанга и др. Они образуют Северный морской путь.

Основной трудностью передвижения по Северному морскому пути являются большие массивы льда и сложная метеорологическая обстановка. Поэтому на некоторых участках прохождение судов возможно только при помощи ледоколов. Тем не менее, Северный морской путь как альтернатива южным трассам выгоднее, потому что меньше затраты на топливо, на фрахт, меньше очереди для судов, не говоря уже о безопасности — гарантии от нападения пиратов.

При функционировании различных объектов в районах Крайнего Севера и Арктической зоны, на морском транспорте, который эксплуатируется на по Северном морском пути, могут возникать ситуации, требующие немедленной доставки различных грузов – блоков аппаратуры взамен отказавших, медикаментов, оборудования, продовольствия, аварийно-спасательных средств и др., что в какой-то период невозможно осуществить ни авиацией, ни другими видами транспорта. Это приводит к необходимости разработки специальных средств экстренной доставки [7]. Кроме того, при освоении Крайнего Севера и Арктической зоны может возникнуть и необходимость экстренной эвакуации с аварийных объектов (например, при пожаре на нефтедобывающей платформе), для чего разработана эвакуационная система [8,9] также с ракетным разгонным блоком.

Возможность массового применения устройств [7-9] обуславливается также и конверсией оборонной промышленности, сокращением и модернизацией в Министерстве обороны Российской Федерации, что приводит к снятию с вооружения и высвобождению большого числа исправных ракетных блоков, пригодных к использованию в мирных целях.

Использование ракетного разгонного блока с контейнером для экстренной доставки груза в Арктическую зону, горную местность, Северный морской путь и т.п. является важным фактором обеспечения безопасности персонала и поддержания работоспособности как российских, так и зарубежных объектов в труднодоступных районах при возникновении разного рода ЧС. Также представляется целесообразным рассмотреть использование ракетного разгонного блока для экстренной эвакуации персонала и электронных носителей информации из аварийных объектов, например, морских добывающих платформ и кораблей в высоких широтах.

Порты Северного морского пути могут являться возможными местами базирования устройств. Но необходимо их расположить с таким расчетом, чтобы радиус действия устройств [7-9] мог обеспечить прикрытие объектов Арктической зоны и Северного морского пути (рис. 2).

Но в тоже время данная система имеет существенный недостаток – требуется доработка конструкции ракетного разгонного блока, а это влечет не только дополнительные финансовые расходы, но и утяжеление конструкции ракетного разгонного блока в целом.

Существует множество различных способов улучшения экологических характеристик ракетного разгонного блока [10-12], однако все они требуют проведения дальнейших исследований. Так как почти все из предложенных способов требуют конструктивной доработки, необходимо провести их сравнительный экономический анализ, с целью выявления наиболее экономически выгодного.

Полученные уточнённые математические модели для активных и пассивных участков траектории движения контейнера с РБ [13-15] позволяют провести комплекс компьютерных баллистических расчётов для обоснования массы доставляемых грузов в зависимости от мощности РБ и дальности пункта доставки.

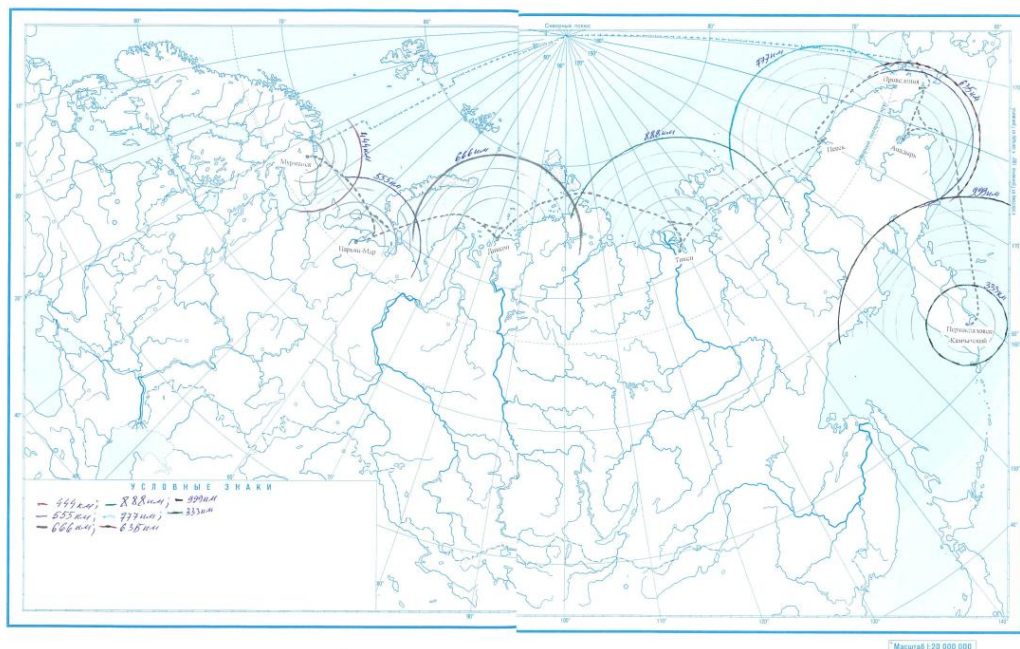


Рисунок 2 – Примерное базирование РБ с контейнерами в Арктической зоне и радиус прикрытия территорий

#### Список литературы

1. Основы государственной политики РФ в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу. – Утверждены Президентом РФ 18.09.2008. № Пр-1069.
2. Указ Президента РФ «О государственной комиссии по вопросам развития Арктики» от 03.02.2015. № 50.
3. Указ Президента РФ «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» от 02.05.2014. № 296.
4. Шаталова Н.В. Развитие транспортной отрасли как основополагающей при решении проблем стратегического и экономического характера // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2017. Т. 1. С. 230-233.
5. Шаталова Н.В. Пространственное развитие России. транспортный аспект // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016. 2016. С. 354-359.
6. Шаталова Н.В., Куватов В.И., Козьмовский Д.В. Потенциал северного морского пути Арктической Зоны России. Факторы и стратегия развития // Интернет-журнал Науковедение. 2014. № 6 (25). С. 20.
7. Устройство для локализации последствий аварии. Патент РФ № 2007204, МКИ<sup>5</sup> А62С31/00, F42В15/00. 1990 г.
8. Посадочная система. Патент РФ № 2001002, МКИ<sup>5</sup> В64G1/00. 1990.
9. Устройство для эвакуации персонала с аварийного объекта. Патент РФ № 2068285 МКИ А62В37/00, В64С1/52. 1992.
10. Таранцев А.А., Малыгин И.Г., Бала Ю.А. Перспективная посадочная система для десантирования сил и средств пожарной охраны // Пожаровзрывобезопасность. 2003. № 1.
11. Казаков Р.Р. Формирование исходных данных о начальных параметрах движения отделяющихся частей РН // Тезисы докладов на НТК ФГУП ЦЭНКИ «Проблемные вопросы открытия и эксплуатации трасс запуска КА, баллистического и метеорологического обеспечения пусков РН». М.: ЦЭНКИ. 2010.
12. О влиянии космической деятельности на экологическую безопасность // Экологическая безопасность России. Материалы Межведомственной комиссии по экологической безопасности (октябрь 1993 г. – июль 1994 г.). М.: Юридическая литература. 1994. Вып. 1. С. 197-216.



13. Таранцев А.А., Лосев М.А., Таранцев А.А. Моделирование движения разгонного блока с контейнером для экстренной доставки грузов // Проблемы безопасности и ЧС. 2017. № 2.

14. Лосев М.А., Шевченко А.В., Полежаева Е.А. Особенности моделирования движения разгонного блока с контейнером для экстренной доставки грузов в труднодоступные места // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 3.

15. Димич В.В., Таранцев А.А. О возможностях перспективной посадочной системы // Известия ВУЗов. Авиационная техника. Казань. 1996. № 4.

УДК 622.6:629.3

## **АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВОЗГОРАНИЙ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ КАРЬЕРНОГО АВТОТРАНСПОРТА**

*Тарима Сергей Васильевич – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, elpomir\_82@mail.ru*

*Родионов Владимир Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, докторант факультета подготовки кадров высшей квалификации*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, 79213258397@mail.ru*

*Аннотация. В работе представлен статистический обзор случаев выхода из строя и возникновения возгораний на карьерном автотранспорте. Проведен анализ основных причин возникновения пожаров на карьерных самосвалах, с целью выработки решений для снижения пожарной опасности данного вида транспорта. Предложены варианты совмещения модульных систем пожаротушения и автоматических систем обнаружения и тушения пожаров.*

*Ключевые слова: карьерный автотранспорт, модульные системы пожаротушения, автоматические системы обнаружения.*

## **ANALYSIS OF CAUSES OF FIRE RISK AND METHODS OF REDUCING THE FIRE HAZARD OF CAREER MOTOR VEHICLES**

*Tarima Sergey V. – Associate of the faculty for the training of highly qualified personnel, St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia,*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, elpomir\_82@mail.ru*

*Rodionov Vladimir Al. – Candidate of Technical sciences, associate professor, doctoral student of the faculty for training highly qualified personnel, St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, 79213258397@mail.ru*

*Abstract. The paper presents a statistical overview of the cases of failure and the occurrence of fires in a career truck. An analysis of the main causes of fires in quarry dump trucks has been carried out to develop solutions to reduce the fire hazard of this type of transport. Variants of combining modular fire suppression systems and automatic systems for detecting and extinguishing fires are suggested.*

*Keywords: career truck, modular fire suppression systems, automatic systems for detecting.*

По результатам динамики возникновения пожаров на транспорте за 2012-2016 годы тенденция возникновения пожаров автомобильной техники, используемой за пределами городской черты, изменяется год от года. Несмотря на то, что за последние 5 лет наблюдается общее снижение пожаров, возникающих на автотранспорте, количество пожаров изменяется не линейно. Например, с 2012 по 2014 годы количество пожаров выросло с 3,5 тыс. единиц до 3,8 тыс. единиц [1].

По статистическим данным возникновение пожара в моторном отсеке является основной причиной пожара в грузовом транспорте (до 55%), 35% из которых приходится на кабину и салон грузовика и 10% на другие части автомобиля [2]. Однако приведенная статистика говорит об очень большом кластере автомобильной техники, включающей грузовой, легкой и специальный автотранспорт. В рамках исследования основной интерес вызывает карьерные автосамосвалы, эксплуатируемые на угольных карьерах.

Карьерная техника отличается оригинальностью исполнения узлов и агрегатов, необходимых для постоянной работы под нагрузкой, при различных погодных условиях и сложности рельефа дорожного полотна. Соответственно данный вид техники требует постоянного сервисного обслуживания, так как простои ведут к значительным материальным потерям. Автосамосвалы, используемые на угольных предприятиях, это вид грузового крупнотоннажного автотранспорта эксплуатируемого круглосуточно с перерывами на сервисное обслуживание и внеплановый ремонт. По результатам сведений опубликованных ОАО «УК Кузбассразрезуголь» основные причины выхода из строя крупнотоннажных автосамосвалов по данным 6 угольных карьеров приведены в таблице 1 [3].

*Таблица 1 – Причины выхода из строя крупнотоннажных автосамосвалов по данным 6 угольных карьеров*

Причина простоя карьерных автосамосвалов	Доля простоя, %
Ремонт и обслуживание ДВС	18,2
Ремонт и обслуживание электропривода	15,49
Ремонт и обслуживание рулевого управления	4,48
Ремонт и обслуживание тормозной системы	3,18
Ремонт и обслуживание редуктора мотор-колеса	27,23
Ремонт и обслуживание прочих трансмиссий	10,24
Шиномонтажные работы	12,42
Сварочные работы	8,85

Практически 61% простоя техники возникает вследствие ремонтных и сервисных работ на редукторе мотор-колес, двигателе внутреннего сгорания и электропривода. Увеличение времени работы автосамосвала для увеличения прибыли зачастую приводит к полному выходу из строя узлов и агрегатов, так и к возможности возникновения пожара. В качестве примера Постановлением Беловского районного суда (Кемеровская область) № 5-109/2014 от 6 августа 2014 года по результатам проверки Ростехнадзора была приостановлена деятельность угольного предприятия. В результате проверки выявлен ряд нарушений эксплуатации карьерных автосамосвалов. Основными недостатками явились предельный износ протектора автошины, течь гидравлического масла из корпуса тормозной системы, отсутствие пломб на баллонах автоматической системы пожаротушения, не произведено обслуживание аккумуляторных батарей, электропроводка не присоединена к корпусу, провода в местах соединения окислены [4].

Ненадлежащее сервисное обслуживание вкупе со сложными условиями эксплуатации, а также наличием отложений мелкодисперсной пыли на узлах и агрегатах, создает благоприятную почву для возможности возникновения возгорания. В узлах агрегата подверженных сильному трению, в результате несвоевременной замены смазочных материалов и отдельных элементов, утечки масел наблюдается повышение температуры, что приводит к потере эксплуатационных характеристик трансмиссионного масла, повышению адгезионных свойств металлических деталей, износу шестерен и подшипников. Как следствие узел пере-

гревается, и выходит из строя, а достигая критической температуры, может последовать возгорание.

Для предотвращения возникновения возгорания в узлах и механизмах в грузовом автотранспорте используются различные системы автоматического обнаружения и тушения пожаров, но действующие системы не всегда являются эффективными, так как основная задача таких систем – защита двигательного отсека и агрегатных отделений. Так, в акционерном обществе «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение» входящим в ТОО «Евразийская Группа» 31 июля 2017 года при движении груженого карьерного самосвала произошла аварийная ситуация связанная с возникновением возгорания в районе оси заднего моста. Принятые первичные меры по устранению возгорания не принесли успеха, в результате чего огонь распространился и перекинулся на автошины самосвала [5].

В ряде случаев собственники угольных предприятий пренебрегают использованием автоматических систем обнаружения и тушения пожаров на карьерных самосвалах, либо пренебрегают своевременным обслуживанием АСОиТП, что приводит к стремительному распространению возгорания и создает угрозу жизни для оператора. 22 июня 2012 года в селе Ургун Новосибирской области выгорел карьерный автосамосвал. Причиной пожара стала неисправность электропроводки автомобиля. По прибытии первых подразделений пожарной охраны огнем был уничтожены: кабина, автошины автомобиля и моторный отсек [3].

7 сентября 2017 года в городе Топки Кемеровской области по той же причине выгорел моторный отсек карьерного автосамосвала, дальнейшее распространение огня удалось предотвратить благодаря оперативному прибытию подразделений пожарной охраны [7].

Места открытой добычи полезных ископаемых в большинстве случаев удалены от населенных пунктов, дорожное полотно на территории разреза имеет сложный рельеф, а также отсутствует привязка к местности, что затрудняет своевременное прибытие подразделений пожарной охраны. Также одним из факторов увеличения времени реагирования является то, что на большинстве предприятий установлен контрольно-пропускной режим, что порой требует дополнительного согласования на проезд оперативных подразделений. Так 07 мая 2017 года на территории угольного разреза республики Хакасия полностью сгорел карьерный самосвал, в том числе и по причине удаленности оперативных подразделений от места пожара [8]. Одним из решений данной ситуации является наличие у собственников недродобывающего предприятия техники, приспособленной для тушения пожара, и добровольной пожарной дружины [9].

В 2016 году в городе Междуреченске Кемеровской области был опробован первый образец техники приспособленной для тушения пожаров на базе автосамосвала БелАЗ с объемом цистерны 60-тонн, баком для пенообразователя, насосом и стационарным лафетным стволом. Таким образом, угольный разрез решил вопрос о доставке огнетушащих веществ к месту возможного пожара и возможному снижению времени реагирования [10].

Одной из причин возникновения пожара на карьерном автосамосвале может быть разрыв гидропривода, и попадания масла на раскаленные части турбины автомобиля. Однако в данном случае велика вероятность срабатывания штатной АСОиТП.

В качестве огнетушащего состава в АСОиТП, устанавливаемых на карьерных самосвалах, могут применяться огнетушащие порошки, углекислотные системы, пеннообразующие жидкости.

Однако не всегда АСОиТП доказывает свою эффективность, как видно из приведенной статистики слабым звеном систем пожаротушения является отсутствие вывода сопел над автошинами, являющимися одной из основных составляющих пожарной нагрузки карьерного самосвала. При возгорании автошин и дальнейшем распространении пламени, штатные средства пожаротушения – огнетушители не будут эффективны. А работа с огнетушителем, вблизи горящих автошин создаст угрозу жизни самого участника тушения возгорания.

Большой эффект при пожаротушении карьерного автотранспорта возможно достичь при использовании комбинированной системы пожаротушения не взаимосвязанной между собой. Так штатная АСОиТП может дополняться модулями хладонного тушения со встроен-

ными датчиками обнаружения пламени. Это позволит сократить время начала тушения возгорания в агрегатных отсеках, а также увеличит шанс на тушение возгорания в случае отказа штатных систем пожаротушения.

Основное преимущество хладоновых модульных систем в их компактности, долговечности, надежности срабатывания и простоты смены модуля. Однако следует учесть, что хладоновые модульные системы не должны применяться, как основные средства тушения пожара, так как не эффективны на открытых площадях в случае горения ГСМ и их растекания за пределами агрегатного отсека.

Таким образом, для снижения пожарной опасности карьерного автотранспорта предлагаются следующие мероприятия:

- своевременное техническое обслуживание автосамосвалов;
- контроль за температурными показателями редукторов мотор-колес;
- установка комбинированных АСОиТП;
- своевременное обслуживание и поверка АСОиТП;
- физическая очистка пылеотложений.

В заключении хотелось бы отметить необходимость нормативно правового регулирования по обязательному противопожарному оснащению и защите карьерной техники автоматическими системами обнаружения и тушения пожаров, а так же отсутствие решений по тушению пожара на карьерном транспорте связанного с возгоранием автошин.

#### *Список литературы*

1. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году. Статистика пожаров и их последствия.
2. U.S. Fire Administration's (USFA) Topical Fire Report Series Volume 13, Issue 11 / January 2013.
3. <http://news.ngs.ru/more/562637/>
4. <http://sudact.ru/regular/doc/0EGI7qLcHjNu/>
5. <https://mining-media.ru/ru/article/newtech/309-metod-kompleksnogo-diagnostirovaniya-reduktorov-motor-koles-karernykh-avtosamosvalov-na-primere-oao-uk-kuzbassrazrezugol>
6. <http://vesti42.ru/news/39994-v-kuzbasse-edva-ne-sgorel-belaz/?date=2017-09>
7. <https://baikal24.ru/text/10-05-2017/belaz/>
8. Зарецкий А. Д. Формирование института добровольной пожарной охраны на современных предприятиях России // Безопасность труда в промышленности Выпуск. 2012. № 2. С. 40-43.
9. <https://qostanay.tv/proisshestviya/v-ssgpo-prokomentirovali-video-s-vozgoraniem-mnogotonnogo-samosvala>
10. [http://www.belaz.by/press/news/2016/razmer\\_imeet\\_znachenie\\_v\\_mezhd/](http://www.belaz.by/press/news/2016/razmer_imeet_znachenie_v_mezhd/)

## **МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

*Сорокин Алексей Юрьевич – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

*Иванов Алексей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств*

*Мифтахутдинова Александра Артуровна – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, aleksey.sorokin.1987@list.ru*

*Аннотация.* Представлены результаты исследования влияния безреагентной и реагентной модификации наноконпонентов на взрывопожароопасные свойства жидкости, а также влияние электрофизического воздействия на диэлектрическую проницаемость и электропроводность полученных наножидкостей. Вывод по результатам исследований: наноконпоненты снижают диэлектрическую проницаемость жидкости в среднем на 18%; электросопротивление на 17%. Также при воздействии ПЧМП наблюдается снижение диэлектрической проницаемости наножидкости до 29%, электросопротивления до 20%.

*Ключевые слова:* электростатическая безопасность, легковоспламеняющиеся жидкость, бензин, диэлектрическая проницаемость, электрическое сопротивление, наноматериал, углеродные нанотрубки, наножидкость.

## METHOD OF INCREASE IN ELECTROSTATIC SAFETY OF OIL PRODUCTS

*Sorokin Alexey Y. – postgraduated faculty of training personnel of higher qualification*

*Ivanov Alexey V. – Ph.D., associate professor of fire safety of technological processes and productions*

*Miftakhutdinova Aleksandra A. – postgraduated faculty of training personnel of higher qualification*

*St. Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, aleksey.sorokin.1987*

*@list.ru*

*Abstract.* In work results of a research of influence of bezreagentny and reagent modification of nanocomponents on fire and explosion hazardous properties of liquid, and also influence electrophysical impact on dielectric permeability and conductivity of the received nanoliquids are presented. A conclusion by results of researches: nanocomponents reduce dielectric permeability of liquid on average by 18%; resistance is at 17%. Also at influence of PChMP decrease is observed: dielectric permeability of nanoliquid to 29%; resistances to 20%.

*Keywords:* electrostatic safety, flammable liquid, gasoline, dielectric permeability, electric resistance, nanomaterial, carbon nanotubes, nanoliquid.

С каждым годом увеличиваются объемы добычи, переработки и транспортировки нефтепродуктов. Существующие методы обеспечения пожарной безопасности при транспортировке легковоспламеняющихся и горючих жидкостей не всегда эффективны и не во всех случаях практически возможны. Проведя анализ распределения пожаров на транспортных средствах в Российской Федерации, произошедших в 2014-2016 гг., установлено, что наблюдается рост количества пожаров по причинам их возникновения «нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования», «самовозгорание веществ и материалов» и «грозовые разряды» [1]. Возникновение пожара от разрядов статического электричества на поверхности жидкостей очень сложно установить и, как видно из таблицы 1, такой причины нет в официальной статистике и часто ее относят к «самовозгаранию веществ и материалов».

Согласно нормативных документов Российской Федерации [2], при оценке пожарной опасности технологического процесса, наряду с другими показателями, необходимо учитывать интенсивность испарения горючих веществ и материалов, параметры истечения для жидкостей и газов, концентрированные пределы распространения пламени для горючих смесей в технологических аппаратах и оборудовании. Немаловажную роль при оценке возможности воспламенения взрывоопасных смесей легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) при возникновении разрядов статического электричества (СЭ) играет значение электрического сопротивления заземлителя и среды [3].

В целях установления способов управления такими свойствами, как диэлектрическая проницаемость и удельное объемное электрическое сопротивление углеводородных жидкостей были проведены исследования. В качестве базовой жидкости применялся бензин НЕФ-

РАС-С2-80/120 [4]. Сводные данные о свойствах исследуемой жидкости представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Распределение пожаров на транспортных средствах в Российской Федерации, произошедших в 2014-2016 гг., по причинам их возникновения

Причина пожара	Количество пожаров, ед.			Количество погибших, чел.			Количество травмированных, чел.		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Нарушение ПУиЭ транспортных средств	10578	9584	9535	34	58	60	191	203	168
Поджог	7079	6600	5441	13	12	11	22	16	13
Неосторожное обращение с огнём	2799	2541	2177	54	54	53	78	61	69
в том числе шалость с огнем детей	64	81	69	0	3	0	3	2	2
Неисправность производств. оборудования, нарушение тех. процесса производства	50	36	48	0	3	0	6	1	5
Нарушение ПУиЭ электрооборудования	1054	888	1093	2	12	5	21	11	20
Нарушение ППБ при проведении электрогазосварочных работ	142	162	136	5	1	1	7	16	11
Нарушение ППБ при проведении огневых работ (отогревание труб, двигателей и пр.)	36	21	25	0	0	0	5	2	0
Самовозгорание веществ и материалов	39	55	53	0	0	0	6	5	2
Нарушение ППБ при использовании пиротехнических изделий	10	1	0	0	0	0	0	0	0
Взрывы	12	10	8	2	1	2	12	3	6
Грозовые разряды	1	2	7	0	0	0	0	0	0
Неустановленные причины	258	211	217	4	4	4	1	7	7
Прочие причины	789	706	559	9	12	10	50	48	43

Таблица 2 – Свойства бензина НЕФРАС-С2-80/120

№ п/п	Свойства	Бензин НЕФРАС-С2-80/120
1.	Молярная масса, кг/кмоль	~ 114
2.	Температура вспышки, °С	-17
3.	Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	720
4.	Поверхностное натяжение при 25 °С, Н/м	~ 0,021

Существующие способы изменения характеристик жидкостей можно условно разделить на безреагентные и реагентные. В исследованиях использовались и безреагентный способ – в условиях воздействия переменного частотно-модулированного потенциала (ПЧМП) и реагентный – в условиях модификации функционализированных углеродных наноструктур с многослойными углеродными нанотрубками (MWCNT). Безреагентные способы модификации позволяют изменить физические и эксплуатационные свойства веществ при воздействии электрических и магнитных полей, а также осуществлять реверсивное управление свойствами при внедрении углеродных нанотрубок (УНТ).

Модификация бензина проводилась путем введения дисперсии наноструктурированного углерода на основе многослойных УНТ (МУНТ), полученных методом каталитического пиролиза на установке «СVDomna» в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России, которые условно обозначили как УНТ неочищенные (УНТ(Н)). После чего были изучены

спектры комбинационного рассеивания (КР) УНТ(Н), возбужденные монохроматическим излучением с длиной волны 532 нм с помощью спектрометра КР «Интегра Спектра» с конфокальным микроскопом DXR Raman Microscope [5].

Имеющиеся УНТ(Н) прошли обработку в лаборатории Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ "Курчатовский институт" реagentным методом функционализации наноструктур. Функционализация производилась двумя способами и полученные УНТ были условно обозначены: УНТ(Н)НР – нерастворенный осадок и УНТ(Н)ПР – промывка. Для этого использовали раствор 25% азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ) и 75% серной кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). В 1 литре полученного раствора в течении 1 часа подвергалось обработке  $m = 0,25$  г имеющихся УНТ при температуре  $T=100$  °С. После химической обработки часть УНТ выпала в осадок, который отделили от взвеси и произвели сушку при  $T \approx 90$ °С. Полученные УНТ условно были обозначены как УНТ(Н) нерастворенный осадок (УНТ(Н)НР). Оставшиеся взвеси прошли центрифугирование и промывку, тем самым получили УНТ, которые условно обозначили как УНТ(Н) промывка (УНТ(Н)ПР).

Наноматериал УНТ (Н) до обработки не имел хорошо выраженной G-полосы, в то время как D-полоса, характеризующая наличие аморфного углерода, была выражена отчетливо (рис. 1), что может говорить о низком качестве исходного наноматериала.

После функционализации рамановские спектры наноматериалов УНТ(Н) характеризовались интенсивной G-полосой. Интенсивность D-полосы, характеризующая дефектность УНТ в наноматериале, выше для образцов, полученных при центрифугировании взвеси функционализированных нанотрубок.

При определении диэлектрической проницаемости жидкостей полученные данные показали, что наножидкости на основе бензина НЕФРАС-С2-80/120 имеют более низкие в сравнении с исходными образцами значения (снижение на 12...38 %). В условиях электрофизического воздействия наблюдается дополнительное снижение диэлектрической проницаемости жидкостей до 29 % (рис. 2).

При воздействии ПЧМП происходит изменение величины электрического заряда в двойном электрическом слое, что приводит к отталкиванию между нанокластерами. В результате происходит переориентация (выстраивание) УНТ вдоль одной оси и уменьшение количества агломераций УНТ в сравнении с контрольными образцами, что исключает одну из причин возникновения физико-химической анизотропии в системе НЖ [6,7].

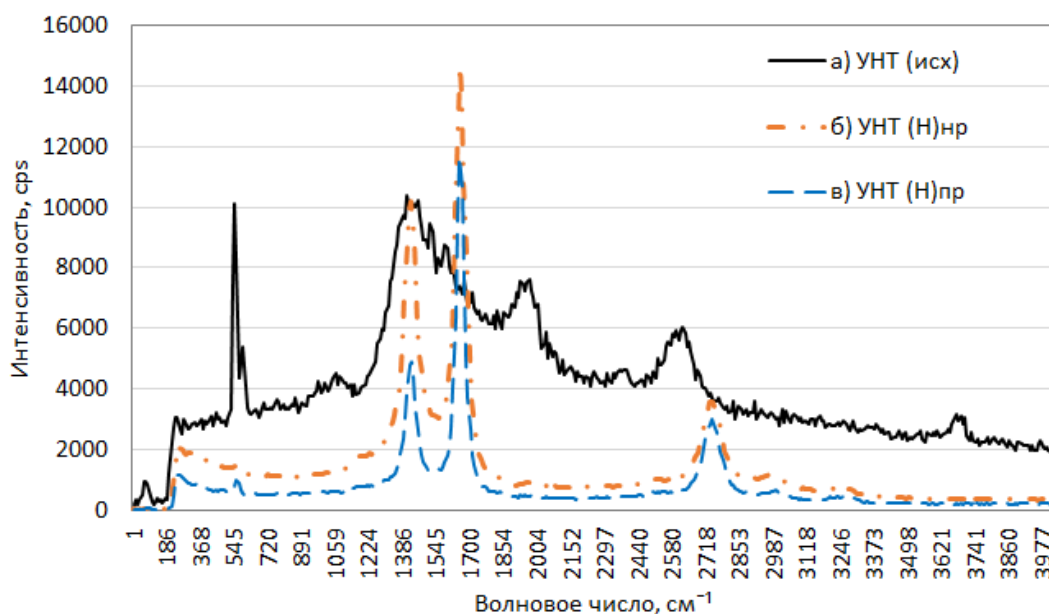


Рисунок 1 – Рамановский спектр наноматериала УНТ (Н) при его функционализации: а) исходный материал; б) УНТ (Н) нерастворенный осадок; в) УНТ (Н) промывка.

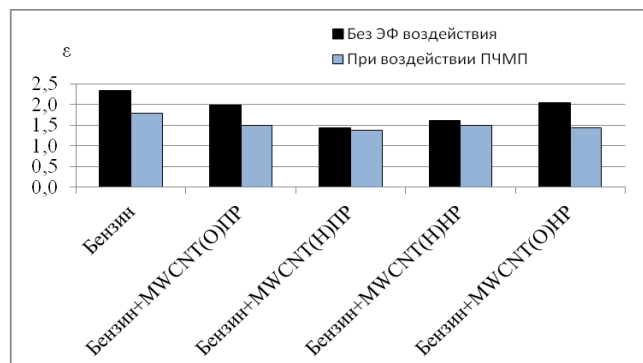


Рисунок 2 – Диэлектрическая проницаемость ( $\epsilon$ ) наножидкостей на основе бензина НЕФРАС-С2-80/120 без электрофизического воздействия и при воздействии ПЧМП

При исследовании влияния ПЧМП на изменение электропроводности получены данные, свидетельствующие о снижении удельного электрического сопротивления углеводородных жидкостей в условиях модификации углеродными нанотрубками (MWCNT).

При измерении удельного объемного электрического сопротивления наножидкостей на основе бензина НЕФРАС-С2-80/120 полученные данные показали снижение электросопротивления большинства наножидкостей в сравнении с исходными образцами до 17 %. В условиях электрофизического воздействия наблюдается дополнительное снижение удельного объемного электросопротивления жидкостей до 20 % (рис. 3).

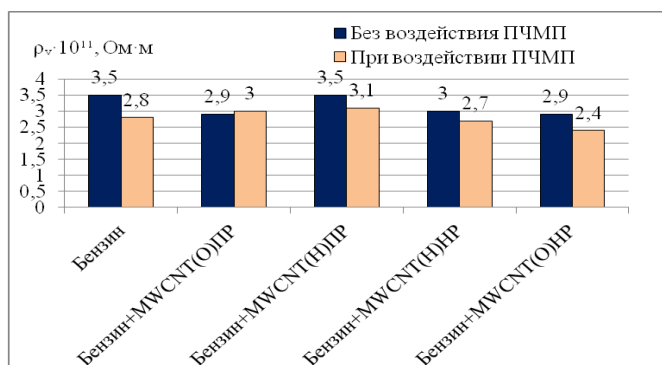


Рисунок 3 – Удельное объемное электросопротивление ( $\rho_v$ ) наножидкостей на основе бензина НЕФРАС-С2-80/120 без воздействия и при воздействии ПЧМП

Таким образом, проведенные исследования свойств НЖ на основе бензина НЕФРАС-С2-80/120 в условиях воздействия ПЧМП позволяют сделать следующие выводы:

1. УНТ оказывают влияние на электрофизические и пожароопасные свойства жидкости, а именно снижают диэлектрическую проницаемость и удельное объемное электросопротивление, что ограничивает возможность образования вероятного источника зажигания – искровых разрядов статического электричества.

2. Механизм управления свойствами НЖ зависит от физических свойств жидкости и наночастиц, а также параметров внешнего воздействия.

3. Электрофизическое воздействие посредством ПЧМП позволяет добиться дополнительного снижения диэлектрической проницаемости и удельного объемного электросопротивления НЖ.

4. Применение УНТ позволяет управлять пожарным риском в процессах транспортировки углеводородных жидкостей.

5. Применение ПЧМП позволяет управлять пожарным риском без использования дополнительных реагентов, как правило, меняющих качественный состав базовой жидкости, что особенно важно в технологиях синтеза материалов с различными функциональными свойствами.



### Список литературы

1. Чебуханов М.А., Козлов А.А., Матюшин Ю.А., Фирсов А.Г., Сибирко В.И., Чечетина Т.А. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. М: ВНИИПО. 2017. 124 с.: ил. 40.
2. ГОСТ Р 12.3.047-2012 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. М: Стандартинформ. 2014. 86 с.
3. ГОСТ Р 52274. Электростатическая искробезопасность. Общие технические требования и методы испытаний. М.: ИПК Издательство стандартов. 2005. 14 с.
4. ТУ 2319-006-71371272-2006 Растворители нефтяные. Фасовка. Упаковка. Маркировка. Транспортирование и хранение. Санкт-Петербург. 2006. 1 с.
5. Мынзул Р.А., Иванов А.В., Скрипник И.Л. Применение метода КР-спектроскопии при исследовании свойств термопластичных смазок с регулируемыми наноструктурами // Научно-аналитический журнал «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)». 2014. № 2 (10). С. 57.
6. Hong H. et al. Alignment of carbon nanotubes comprising magnetically sensitive metal oxides in heat transfer nanofluids // Thermochimica Acta. 2011. T.525. №.1. С. 87-92. DOI:10.1016/j.tca.2011.07.025.
7. Иванов А.В., Ивахнюк Г.К. Применение электрофизического метода управления процессами парообразования легковоспламеняющихся жидкостей в условиях модификации углеродными наноконпонентами // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". 2015. № 3. С. 1-9. <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V73/1.pdf> (дата обращения: 28.04.2016 г.).

УДК 622.693.6

## ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ УГЛЯ

*Марасанова Ксения Николаевна – адъюнкт 2 курса факультета подготовки кадров высшей квалификации*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, ksu-mars@yandex.ru*

*Шидловский Александр Леонидович – кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры практической подготовки сотрудников пожарно-спасательных формирований ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, ppspsf@mail.ru*

*Аннотация.* В работе показана роль и важность угольной энергетики на современном этапе. Приведена статистика об авариях и пожарах на угледобывающих предприятиях и при транспортировке угля, показаны причины возникновения таких инцидентов. Выявлена необходимость изучения вопросов профилактики и тушения пожаров, связанных с технологиями угледобычи и транспортировки угля.

*Ключевые слова:* уголь, шахты, аварии, возгорание, транспорт, пожар, тушение, профилактика.

## THE PROBLEM OF FIRE SAFETY WHEN TRANSPORTING COAL

*Marasanova Kseniya N. – Adjunct Faculty of highly qualified personnel training, St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia  
Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation,ksu-mars@yandex.ru*

*Abstract. In work the role and importance of coal power at the present stage is shown. The statistics about accidents and the fires is given in the coal-mining enterprises and transportation of coal, the causes of such incidents are shown. Need of studying of questions of suppression and prophylaxis of the fires bound at the coal-mining enterprises and transportation of coal is taped.*

*Keywords: coal, mines, accidents, ignition, transport, fire, extinguishing, prevention.*

Угольная отрасль до сих пор является важной составляющей экономики многих стран, в том числе России. Уголь добывается в шахтах (где также транспортируется и поднимается на поверхность), используется в котельных и жилом секторе, перевозится на транспорте (морском, железнодорожном, автомобильном) и т.д. Однако ввиду достаточно высокой теплоты сгорания при возникновении пожаров по различным причинам (самовозгорание, внешние источники зажигания) их тушение связано с определенными трудностями. В этой связи возникает проблема, связанная с обеспечением пожарной безопасности транспортировки и хранения угля, чему и посвящена данная работа

#### Основные причины аварий

Основное количество взрывов и аварий происходит при ведении очистных и подготовительных горных работ, а также при ведении монтажных работ с нарушениями вентиляционного режима.

Анализ обстоятельств и причин вспышек и взрывов метана и пыли, произошедших в угольной отрасли, за исключением горения метана, показывает, что если все взрывы, имевшие место за последние несколько десятилетий принять за 100%, то взрывы метана составят 79%, взрывы метана с последующим участием в них угольной пыли - 18% и взрывы только пыли - 3%.

Наиболее опасным источником воспламенения взрывчатых пылегазовых смесей в шахтах до настоящего времени остаются взрывные работы, на долю которых в очистных забоях приходится 19,6% всех вспышек (взрывов), 42,4% - в забоях подготовительных выработок и 26,5% - во всех выработках шахты в целом.

Второе место по опасности возникновения взрывов занимает фрикционное искрение при работе выемочных, проходческих и буровых машин [1].

Приведенные сводные данные указывают на следующее: наиболее часто взрывается метан; угольная пыль самостоятельно взрывается редко; чаще всего она повышает склонность метана к взрыву, принимает участие в нем вследствие воспламенения метана и этим значительно усиливает взрыв. В таблице 1 приведены данные о доле аварий при транспортировке угля.

#### Причины возгораний при транспортировке угля

На самовозгорание угля, вызванного его транспортировкой, оказывают влияние следующие факторы: засоренность углей инородными предметами (тряпками, деревом и т.п.); внешние источники тепла; нарушение формирования штабеля на складах; погодные условия; жаркое время года; превышение сроков хранения углей; высокая влажность при транспортировке и хранении углей; электротехнические причины (замыкание электропроводки, неисправное электрооборудование, искры).

Хранящийся на складах и погруженный в трюма на судне уголь адсорбирует кислород воздуха, вступающий в химическую реакцию с угольным веществом с образованием перекиси. Воздействие кислорода на высокомолекулярные соединения угля в процессе химической реакции приводит к дополнительному выделению тепла, при котором температура угля начинает увеличиваться.

Повышение температуры располагает к быстрой и интенсивной реакции окисления угля. Если тепло, образовавшееся при нагревании хранящегося в штабеле угля не рассеивается с необходимой скоростью в окружающее пространство, то повышенная температура

вещества может подойти к критической. При достижении предельных температур в процессе окисления уголь загорается.

Таблица 1 – Данные по возникновению пожарных ситуаций, вызванные самовозгоранием углей [2]

Дата	Причина пожарной ситуации	Место пожарной ситуации	Груз
<b>Шахта, разрез</b>			
30.09.2002	самовозгорание	Шахта «Егоршинская»	уголь
28.05.2005	самовозгорание	Шахта «Алардинская» Кузбасс	уголь
22.12.2012	самовозгорание	«Коркинский угольный разрез»	уголь
<b>Железнодорожные вагоны</b>			
07.09.2006	самовозгорание в вагонах	Станция Архара Хабаровского отделения Дальневосточной железной дороги (71 вагон)	уголь
30.09.2010	тление в вагонах	Станция г. Спасск-Дальний из Амурской области (15 вагонов)	уголь
12.10.2011	тление в вагонах	Белогорск Забайкальской железной дороги (10 вагонов)	уголь
25.09.2013	тление в вагонах	Станция Прохаско Лесозаводского городского округа	уголь
21.03.2013	тление в вагонах	Моховая Падь Забайкальской железной дороги	уголь
29.06.2013	тление в вагонах	Белогорск-Благовещенск, станция Моховая	уголь
29.06.2013	тление в вагонах	Белогорск-Благовещенск, станция Моховая	уголь
17.09.2014	загорание вагона	Станция Челябинск-Главный ЮУЖД	уголь
<b>Порты</b>			
20.12.2001	самовозгорание	ОАО Восточный Порт. Открытый огонь на угольных складах. 3000 тонн	уголь
09.06.2007	самовозгорание	Город Светлый Калининградской области, «Светловская стивидорная компания» (600 м <sup>2</sup> )	уголь
31.07.2007	самовозгорание	3,5 тыс. тонн угля в Азовском морском порту	уголь
07.09.2011	самонагревание, самовозгорание	ООО «Восточный лесной Порт» 11000 тонн	уголь
15.09.2011	самонагревание	ООО «Восточная стивидорная Компания»	уголь
12.07.2012	самонагревание, самовозгорание	ООО «Восточный Порт»	уголь
03.09.2012	самонагревание, самовозгорание	ЗАО «Порт Восточные Ворота- Приморский Завод» 16000 тонн	уголь
18.11.2013	самонагревание	ООО «Восточная стивидорная Компания»	уголь
17.12.2014	самонагревание, самовозгорание	ООО «Восточный Порт» 10000 тонн	уголь
23.11.2015	самонагревание	ООО «ВУТ»	уголь
<b>Теплоход</b>			
14.11.2006	самонагревание, самовозгорание	Два инцидента на судах. Обращение Международной Организации ИМО на 14 сессии 2009 г., Япония	уголь
29.07.2008	самовозгорание	Керчь. Судно «Black Pearl 3»	уголь
2011-2011 гг.	самовозгорание	Восемнадцать инцидентов на судах. Обращение ИМО к перевозчикам Калимантана и Индонезии	уголь
17.12.2012	самонагревание	ОАО «Восточный порт», т/х «QingPingHai»	уголь

### Основные факторы возгорания углей

Взрыв органической приостановки пыли, такой как угольная пыль, выполняет три последующих шага, а именно, нагревание частицы, его удаление летучих веществ/пиролиз и затем, преимущественно гомогенное окислирование газов пиролиза.

Частота возникновения и масштабы развития эндогенных пожаров в условиях открытой угледобычи и хранения угля определяются суммарным воздействием целого ряда факторов.

Все факторы подразделяются на четыре группы: геологические, физико-химические, горнотехнические и климатические.

Собственно геологические – мощность, тектоническая нарушенность, приток воздуха к угольному пласту и прочие, к ним же относятся:

- склонность угля к самовозгоранию, определяющая период его самонагревания до критической температуры (65–80°C), чем в наибольшей степени характеризуются бурые угли;

- геологические нарушения, снижающие сопротивляемость угольного массива проникновению воздуха, увеличивающие реагирующую поверхность угля и создающие благоприятные условия для накопления тепла еще до отделения угля от целика;

- при увеличении угла падения пласта до 15-25 возрастают потери в целиках, далее разрушающихся и склонных к самовозгоранию.

Физико-химические – степень метаморфизма, петрографический состав, окисление углистого вещества, сернистость, влажность и прочие. Вследствие высокой влажности и преобладания фюзенового материала, бурые угли способны легко разрушаться с образованием сажистой тонкодисперсной пыли, которая легко загорается и представляет серьезную опасность быстрого распространения очагов пожаров по угольным обнажениям.

К горнотехническим факторам, обуславливающим самовозгорание угля при открытых горных работах, относятся: суммарная длина фронта работ, цикл обновления угольных уступов и прочее. Возрастанию пожароопасности разреза соответствует увеличение длины фронта работ и суммарной площади угольных обнажений, а именно:

- площадь угольных обнажений (вскрытых запасов), с увеличением которой возрастает вероятность возникновения очагов самонагревания, особенно на разрезах повышенной эндо- и экзогенной пожароопасности;

- цикл обновления угольных уступов, определяющий время воздействия процесса выветривания и сейсмических колебаний при взрывных работах на рабочие площадки и откосы и, как правило, значительно превышающий инкубационный период самовозгорания;

- навалы разрыхленного угля, удаление которых производится, как правило, по мере общего развития фронта горных работ;

- высота угольного уступа при превышении высоты черпания экскаватора, сдваивании и страивании;

- уступов как причина деформации откосов уступов;

- возведение временных съездов по разрыхленной породно-угольной массе;

- угольные блоки, взорванные с применением игданита или ВВ с большим отрицательным кислородным балансом, где происходит неполная детонация ВВ, остаточные горючие компоненты выгорают с выделением большого количества тепла, температура угля повышается и во взорванной горной массе многократно ускоряется развитие процесса самовозгорания;

- замедленная отработка взорванного угольного блока или вообще ее отсутствие [3].

Климатические факторы: относительная влажность воздуха, количество осадков, изменение барометрического давления, температура воздуха, скорость ветра. В условиях открытых работ эти факторы крайне непостоянны. С увеличением влажности воздуха, особенно после длительного сухого периода, число эндогенных пожаров возрастает. Особое значение имеют температура воздуха и скорость ветра [3].

Самосогревание угля может происходить и в результате жизнедеятельности термофильных микробов, выносимых к воздействию высоких температур. При окислительном

процессе происходят химические и физические изменения угля. Ослабевает его крепость и образовывается мелочь, таким образом, увеличивается площадь поверхности вещества, поглощающая кислород, что способствует более скорому окислению продукта. Анализ опытных результатов показывает, что угли с большим количеством паро- и газообразных веществ (летучих) более подвержены к самовозгоранию. Угольная мелочь от 0 до 6 мм-штыб, породы, включающие содержание колчедана, углистые сланцы,- все это факторы, способствующие окислению и воспламенению угольной смеси. Самонагревание и самовозгорание часто происходит у свежеприготовленных брикетов и свежедобытых углей [4].

#### Выводы

На частоту и периодичность возникновения эндогенных пожаров, кроме состава и свойств угля и углистых пород, геологических и технологических условий, существенное влияние оказывает целый ряд атмосферных факторов. Это относительная влажность воздуха, количество атмосферных осадков, грозвые разряды, изменение барометрического давления, температура воздуха и скорость ветра, их параметры при разработке месторождений открытым способом крайне непостоянны.

При выемке угля экскаваторами цикличного действия с предварительным его рыхлением взрывными работами не обеспечивается качественная зачистка элементов уступа. Трещины и заколы, образующиеся при взрыве и не устраненные при выемке разрыхленной горной массы ковшем экскаватора, многократно увеличивают суммарную площадь контакта с кислородом воздуха, результатом чего являются эндогенные пожары.

подавляющее большинство пожаров возникает в угольных и породно-угольных скоплениях – навалах, осыпях, отвалах, штабелях, которые при наличии породных включений – особенно углистых аргиллитов и алевролитов, как правило, самовозгораются. Продолжительность инкубационного периода при этом существенно сокращается.

Пожароопасность представляют также угольные целики в зоне геологических нарушений. В силу высокой пористости, нарушенный массив угля способен пропускать кислород воздуха на значительную глубину еще до вскрытия пласта, а т.к. глубина зоны нагрева вскрытого пласта, как правило, превышает ширину заходки экскаватора, то нередки случаи возгорания угля непосредственно в заходке экскаватора.

По анализу частоты и факторов возникновения пожаров, связанных с добычей и транспортировкой угля, остро встает вопрос о пожаробезопасности. Данная проблема требует к себе особого внимания, в частности, в выявлении более эффективных способов тушения и профилактики пожаров на угледобывающих объектах. Необходимо рассмотреть существующие методы тушения пожаров и внести новые предложения, которые еще не использовались при тушении пожаров на угледобывающих объектах и при транспортировке угля.

#### *Список литературы*

1. Прокопович А.Ю. Повышение пылевзрывобезопасности при разработке угольных пластов путем термовлажностной химреагентной обработки угольного массива: автореферат дисс. канд. тех. наук. Москва. 2009. 20 с.
2. Москаленко А.Д., Плют Т.В. Пожарные ситуации при перевозке углей // Транспортное дело России. 2015. № 6. С. 145-148.
3. Шестакова И.И. Условия возникновения эндогенных пожаров на разрезе «Харанорский»// Вестник ИргТУ. 2011. № 12(59). С. 85-88.
4. Шкуренко П. П. К вопросу о самовозгорании углей. М: Институт горного дела. 1941. 7 с.

УДК 614.84, 614.86, 625.1, 625.717

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА, УГРОЖАЮЩИХ ТРАНСПОРТНЫМ**

## МАГИСТРАЛЯМ, С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**Чикитов Юрий Иннокентьевич** – аспирант

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, chikitov@mail.ru

**Вислогузов Виктор Викторович** – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13

*Аннотация.* Рассмотрены угрозы транспортной инфраструктуре от ЧС природного характера, в частности, от лесных пожаров и задачи беспилотных летательных аппаратов в целях их предупреждения и мониторинга пожарной опасности.

*Ключевые слова:* чрезвычайная ситуация, лесной пожар, транспортная магистраль, беспилотные летательные аппараты

## EMERGENCYMANAGEMENT DURING NATURAL DISASTERS THREATENING TRANSPORT INFRASTRUCTRE WITH UAV APPLICATION

*Chikitov Iurii I. – St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Moskovskiy prospekt, 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation, chikitov@mail.ru*

*Visloguzov Victor V. – Ph. D., associate Professor, leading researcher, Institute of problems of transport by N.Solomenko Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, info@iptran.ru*

*Abstract.* Threats to transport infrastructure and ways of emergency prevention and wildfire risks monitoring by means of UAV are being discussed.

*Keywords:* emergency, wildfire, transportinfrastructure, unmannedaerialvehicles.

В малонаселенных регионах страны, к которым относятся районы Сибири и Дальнего Востока, транспортные магистрали проходят, в основном, по лесистой местности. Это автомобильные трассы, железнодорожные магистрали, сети речного пароходства, нефте- и газопроводы, а также аэропорты местного значения. Зачастую транспортному сообщению угрожают такие стихийные бедствия, как лесные пожары, способные, если не прервать его полностью, то значительно затруднить (рис. 1). Задымление от лесных пожаров способно приводить к дестабилизации всех видов сообщения (рис. 2), что особенно ощутимо в условиях Крайнего Севера и больших расстояний, когда из отдельных населённых пунктов нет альтернативных вариантов сообщения с центром. Кроме того, повреждаются линии электропередач, оставляя без света целые районы, останавливается транспортировка нефти и газа по трубопроводным системам.

Например, в Республике Саха (Якутия) из года в год объявляется режим ЧС, потери несёт лесное хозяйство, инженерная и транспортная инфраструктура. К последней относятся федеральные трассы «Лена» и «Колыма», республиканские трассы, Амуро-Якутская железнодорожная магистраль (АЯМ), речная сеть Ленского пароходства, сеть местных аэропортов и трубопроводный транспорт («ВСТО» и «Сила Сибири»).

В 2015 году выполнение северного завоза в республике было значительно затруднено не только в силу обмелевших русел рек, но и задымлением от лесных пожаров: «Из-за лесных пожаров видимость на реке не больше 500 метров» [1].



*Рисунок 1 – Лесной пожар у железнодорожного полотна*



*Рисунок 2 – Смог в аэропорту вследствие лесных пожаров*

В сентябре 2016 года была временно прекращена подача нефтепродуктов в трубопроводную систему «ВСТО»: «Огонь подошел до оси трубопровода у НПС14 (Олёкминский район Якутии) на 400 метров, у НПС 8 (Киренский район Иркутской области) на 300 метров, у ЦРС «Братск» на 300 метров» [2]. Вследствие задымлений от лесных пожаров закрываются аэропорты Якутска, Мирного, Нюрбы и т.д. [3,4].

Успех борьбы с лесными пожарами, эффективная ликвидации последствий ЧС и оперативная помощь людям во многом зависит от своевременного получения соответствующей информации и выработки на её основе правильных управленческих решений [5]. Чем раньше обнаруживается возгорание, тем легче его остановить. Чем быстрее проводится разведка, тем точнее прогноз развития пожара и расчет необходимых сил и средств (СиС) для его тушения. Чем быстрее ликвидируется один лесной пожар, тем быстрее освободившиеся СиС могут быть переброшены на другой. Сокращение времени на каждом из этапов позволяет снизить ущерб от лесных пожаров, в том числе и транспортному хозяйству, и в отдельных случаях предотвратить гибель людей.

Используемая в настоящее время в России информационная система дистанционного мониторинга Земли «ИСДМ-Рослесхоз», основанная на приеме и анализе космических снимков Земли, имеет ряд недостатков, не позволяющих ей считаться системой раннего обнаружения возгораний. Это, в первую очередь, временные задержки получения снимков вплоть до нескольких недель и, в основном, от иностранных спутников, а также случайные засветки, закрытие поверхности Земли облачностью и дымами [6].

Авиационное патрулирование в силу дороговизны лётного часа применяемых воздушных судов в отдельных регионах зачастую не соответствует требуемой кратности. Например, в 2016 году начальная максимальная стоимость лётного часа самолёта Ан-2 в Республике Саха (Якутия) в государственных контрактах на закупку авиационных услуг достигла 140 000 руб./ч. [7], а вертолёт МИ-8 – 205 000 руб./ч. [8].

Одним из путей решения задачи в рамках имеющегося финансирования является интеграция в «ИСДМ-Рослесхоз» беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), способных проводить разведку на больших расстояниях ниже уровня облачности, в задымлении и сложных метеоусловиях.

Первичными мероприятиями по лесоохроне являются: предупреждение лесных пожаров и мониторинг пожарной опасности в лесах.

Можно отметить несколько основных задач для беспилотников (рис. 3).

В разрезе предупреждения лесных пожаров: контроль за соблюдением правил пожарной безопасности в лесах в пожароопасный период; плановое обследование лесов до и во время действия пожароопасного периода на предмет захламлений, наличия меструбок, наличия готовых минерализованных полос, породного состава леса и т.д.



Рисунок 3 – Применение БПЛА в задачах лесоохраны

В разрезе мониторинга пожарной опасности в лесах: авиационное патрулирование лесов в пожароопасный период; наблюдение за ранее обнаруженными пожарами; уточнение сообщений об обнаружении лесных пожаров, полученных как во время патрулирования, так от иных источников (населения, воздушных судов, космических систем дистанционного зондирования земли и т.д.); оперативное оповещение населения об угрожающем лесном пожаре в труднодоступных и удаленных населённых пунктах, где отсутствуют иные способы связи.

Тем не менее, остаются актуальными вопросы о модели применения БПЛА для мониторинга лесных массивов в целях раннего обнаружения очагов возгораний, какие и в каком количестве для этого необходимы БПЛА с учетом баланса между затратами на их эксплуатацию и ущербом от лесных пожаров.

#### Список литературы

1. Северный завоз оказался одним из тяжелейших за полвека // «Вести» интернет-газета ("VESTI.RU").2001–2017. URL: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=2659373> (дата обращения 10.11.2017).
2. «Транснефть»: ИНК из-за лесных пожаров приостановила поставки нефти // ТАСС информационное агентство. URL: <http://tass.ru/ekonomika/3636454> (дата обращения 10.11.2017).
3. Аэропорт Якутска закрыт из-за дыма от лесных пожаров // Сетевое издание «РИА Новости». URL: <https://ria.ru/incidents/20120714/699426111.html> (дата обращения 10.11.2017).
4. Из-за сильного лесного дыма закрыт аэропорт в Нюрбинском районе // Служба новостей News.Ykt.Ru. URL: <http://www.news.ykt.ru/article/23254> (дата обращения 10.11.2017).
5. Таранцев А.А., Чикитов Ю.И. Проблемные вопросы развития мониторинга лесных массивов в российской федерации // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2013. № 3(27). С. 48-52.
6. Применение информационной системы дистанционного мониторинга «ИСДМ-РОСЛЕСХОЗ» для определения пожарной опасности в лесах Российской Федерации: учебное пособие. Пушкино, 2011.
7. ЗАКУПКА №0116200007916000012. Оказание авиационных услуг по проведению лесоавиационных работ: по тренировке и патрулированию на воздушных судах АН-2, АН-3, Л-410; пункты базирования: Маган, Олёкминск, Сангар, Нюрба, Вилюйск, Верхневилуйск, Усть-Мая. [Электронный ресурс] // URL: <http://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ea44/view/common-info.html?regNumber=0116200007916000012> (дата обращения: 09.06.2016).
8. ЗАКУПКА № 0116200007916000003. Оказание авиационных услуг по проведению лесоавиационных работ: по тренировке и патрулированию на воздушном судне МИ-8, МИ-8 МТВ; пункты базирования: Маган, Нюрба, Вилюйск, Верхневилуйск, Сангар, Усть-Мая. [Электронный ресурс] // URL: <http://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ea44/view/common-info.html?regNumber=0116200007916000003> (дата обращения: 09.06.2016).УДК 316.014; 334.56.



## ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИКОЙ АЭРОМОБИЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ ПРИ РЕАГИРОВАНИИ НА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

*Жуков Антон Олегович* – адъюнкт факультета подготовки научно-педагогических кадров

*ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России*

*129366, Россия, Москва, ул. Бориса Галушкина, д.4, flubbermanlive@yandex.ru*

*Киселев Дмитрий Владимирович* – адъюнкт факультета подготовки научно-педагогических кадров

*ФГКУ СПСЧ ФПС по Московской области*

*143968, Московская область, Реутов, ул. Победы, д. 33, firehouse01@mail.ru*

*Аннотация.* Управление логистикой аэромобильной группировки рассматривается как способ доставки материально-технических средств на удаленные расстояния между субъектами Российской Федерации. Рассматриваются направление, которое является основой существующего и вновь создаваемого способа транспортировки. Оптимизация доставки личного состава и оборудования повысит эффективность их деятельности на чрезвычайных ситуациях.

*Ключевые слова:* управление, логистика, аэромобильные подразделения, чрезвычайная ситуация.

## PROBLEMS OF LOGISTICS MANAGEMENT AEROMOBILE GROUPINGS EMERGENCIES OF RUSSIA FOR EMERGENCY SITUATIONS

*Zhukov Anton O. – post-graduate student, VO State Fire Academy of Emercom of Russia*

*Borisa Galushkina str., 4, Moscow, 129366, Russian Federation, flubbermanlive@yandex.ru*

*Kiselev Dmitriy V. – post-graduate student, VO State Fire Academy of Emercom of Russia.*

*Pobedy Street, 33, Reutov, 143968, Moscow region, Russian Federation, firehouse01@mail.ru*

*Abstract.* The management of logistics by airmobile grouping is considered as a means of delivering material and technical means to remote distances between subjects of the Russian Federation. The direction that is the basis of the existing and newly created mode of transportation is considered. Optimization of the delivery of personnel and equipment will be an incentive for ensuring their activities in emergency situations.

*Keywords:* management, logistics aeromobile groupings, emergency situation.

В Российской Федерации функционирует аэромобильная группировка МЧС России (далее АМГ) общей численностью 13470 человек состав которой, на более чем 50% состоит из специализированных пожарно-спасательных частей ФПС (далее СПСЧ) [1]. СПСЧ являются многофункциональными подразделениями для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (далее ЧС) как на территории субъектов Российской Федерации по месту дислокации СПСЧ, так и за их пределами. Аэромобильное подразделение служит для оперативного реагирования, одной из многих функций которой является мобильность – способность в ограниченные временные периоды организовать комплексное реагирование на произошедшую ЧС.

При реагировании на ЧС силы и средства подразделений мобилизуются и приводятся в готовность к сосредоточению к месту возникновения опасной ситуации. Первой задачей АМГ является сбор личного состава, который будет задействован при выполнении аварийно-

спасательных работ, второй – сбор материально-технического оснащения (далее МТО), с которым личный состав работает при выполнении различных задач связанных с выполнением видов работ в зоне ЧС. Дальнейшие действия зависят от маршрута следования.

Так как в случаях ЧС необходимо большое количество людей для достижения поставленных целей – ликвидации лесных пожаров, паводков и работ после подтоплений отдельных районов, то задействуется личный состав из ближайших, а также удаленных субъектов РФ [2]. В связи с этим для оперативного реагирования задействуются не только наземные, но и авиационно-спасательные технологии, обеспечивает преодоления больших расстояний в кратчайшее время.

Россия располагает развитой транспортной системой. Все виды транспорта, входящие в нее, представляют собой совокупность средств и путей сообщения, технических устройств и сооружений, обеспечивающих эффективную работу. Участники транспортного процесса осуществляют комплекс технических, экономических, организационно-технологических и коммерческо-правовых решений, направленных на доставку материальных потоков грузов с минимальными затратами [3]. В настоящее время основными технологиями реагирования являются авиационные и наземные – транспортировка грузов и личного состава. В последствии без наземных технологий мы не можем обойтись, так как они являются основой марша (движение от начальной точки – пожарной части, и заканчивая местом временной дислокации – непосредственно вблизи рабочей зоны ЧС), в последствии если мы задействуем авиационные технологии, весь маршрут мы можем отнести к смешанным перевозкам АМГ (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема транспортировки сил и средств

На эффективность транспортировки может повлиять множество факторов. Изучение этих факторов возможно методом системной динамики, который заключается в единых системах, а именно основными его факторами является – управление грузом, средой под воздействием, которой она находится, критерии эффективности функционирования системы. В нашем случае основным фактором является время, управление передвижением и функциональность технического оснащения в конечном пункте его доставки, а также возможность его возврата на исходную позицию для дальнейшего использования. Наиболее важным фактором является время, так как особенностью АМГ является оперативность и мобильность. Наиболее важным фактором является время, на которое влияет каждый заданный нами фактор [4].

Обобщенная модель представляется в виде графа (рис. 2), связывающего факторы, влияющие на качество транспортного процесса. Для описания частей этого графа используются аппарат теории множеств и функциональные соответствия [3]. При решении задачи определяются следующие факторы: определяющее время и качество транспортировки и технология перевозки.

Проблематикой изучаемого вопроса является способность СПСЧ, входящей в состав АМГ совершить действия по приведению в транспортное состояние имущества в условиях

времени, выделенного для приведения СПСЧ в готовность – времени от поступления сигнала, до готовности к началу движения, а это в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами не должно превышать 3-х часов с момента получения сигнала. Учитывая ограниченные временные параметры, большой объем имущества, задействованного в процессе ликвидации ЧС, возникают вопросы, связанные с процессами приведения имущества в транспортное состояние, а также его транспортировка всеми, используемыми в интересах АМГ видами транспорта.

На каждом этапе транспортировки (рис. 2), показан процесс, дублирующий действия АМГ затрачиваемого на перегрузку МТО. Процесс перегрузки включает перемещение из кабины грузового автомобиля в грузовой отсек самолёта задействовав основные силы – личный состав АМГ (этот же процесс происходит при достижении маршрута в другом субъекте РФ и т.д.).

Решение этой проблемы позволит сократить время транспортировки в несколько раз путём создания одной логистической единицы, в которой будет укомплектовано МТО, что предотвратит дублирующий процесс.



Рисунок 2 – Процесс транспортировки при смешанной перевозке

Логистическая единица представляет собой облегченный вариант транспортного средства в виде цельнометаллического кузова на базе двухосном шасси (рис. 3). Данное решение позволит сократить время между этапами транспортировки, разместить его в грузовом отсеке воздушного судна – при малых габаритах и меньшей массой в отличии от грузового автомобиля.

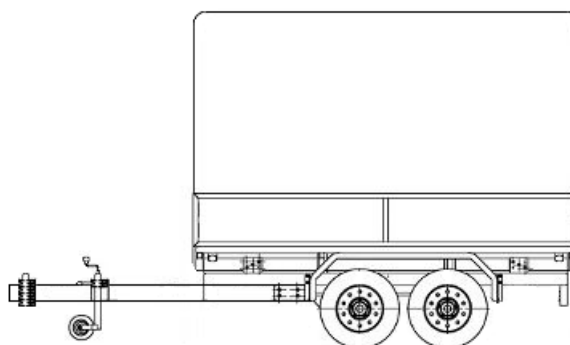


Рисунок 3 – Образец логистической единицы в виде двухосного прицепа

В связи с меньшей массой появляется возможность транспортировать его воздушным способом не только на дальние расстояния, но и на малые – в места труднодоступные с рельефными особенностями за счет установленных креплений при котором любой грузовой вертолёт с легкостью передислоцирует к месту работ по ликвидации ЧС.

Таким образом, проанализировав процесс транспортировки, мы выявили проблемный процесс на маршруте следования. Решив данную проблему, мы повысим оперативность за счет мобильности применения, что является основными задачами в действиях АМГ при реагировании на ЧС.

### Список литературы

1. Решение коллегии МЧС России от 19.02.2017 г. № 1/1 «О создании аэромобильной группировки сил на основе спасательных воинских формирований МЧС России, региональных и специализированных подразделений ФПС ГПС для ликвидации крупномасштабных чрезвычайных ситуаций и пожаров» СПСЧ являются составляющей данной аэромобильной группировки сил МЧС России».

2. Приказ МЧС России от 18.01.2016 г. № 9 «Об обеспечении готовности аэромобильных группировок МЧС России к ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаров».

3. Турпищева М.С., Синельщиков Е.В. Системные методы исследования процессов транспортировки грузов в смешанных перевозках // Вестник АГТУ. 2005. № 2(25). С. 95.

4. Жуков А.О., Киселев Д.В. Транспортировка средств при возникновении чрезвычайной ситуации на примере аэромобильной группировки специализированной пожарно-спасательной части: материалы XXX Международной научно-практической конференции «Горение и проблемы тушения пожаров» ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 2017. Ч. 2. С. 701.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО ВОДНЫМ И ГОРОДСКИМ ТРАНСПОРТНЫМ КОММУНИКАЦИЯМ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА (КЛАСТЕР «ВАСИЛЬЕВСКИЙ ОСТРОВ»)

*Лукомская Ольга Юрьевна – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, luol@iptran.ru*

*Яруллин Артем Ренатович – студент*

*ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

*197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5, artem\_jarullin@bk.ru*

*Аннотация. Моделирование поиска оптимальной траектории перемещения от одного пункта города до другого является актуальным для многих мобильных сервисов. Входные данные были сформированы из сервиса Яндекс карты. Возможные перемещения транспортных средств определяются в зависимости от скорости, работы светофоров и загруженности на дороге, рассматриваются альтернативные наземные и водные пути Санкт-Петербурга. Для решения поставленной задачи был использован комбинированный метод нахождения оптимального пути на основе известных алгоритмов. Реализация алгоритма поиска осуществлена в программной среде MATLAB.*

*Ключевые слова: оптимальная траектория движения, граф транспортной сети, внутренние водные пути, автотранспорт, алгоритмы поиска кратчайшего пути.*

## MODELING OF THE OPTIMAL TRAJECTORY OF MOVING VEHICLES BY WATER AND URBAN TRANSPORT COMMUNICATIONS SAINT-PETERSBURG (CLUSTER «VASILIEVSKY ISLAND»)

*Lukomskaya Olga Yu. – Ph.D., associate professor, leading Researcher of laboratory of intelligent transport systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, luol@iptran.ru*

**Abstract.** Modeling the search for an optimal trajectory from one point of the city to another is relevant for many mobile services. The input data are taken from Yandex maps. The possible movements are determined depending on the speed of operation of traffic lights and congestion on the road is regarded as land and water transport of St. Petersburg. To solve the set tasks were used the combined method of finding the optimal path. For the algorithm to work, you must obtain a weight matrix for a given graph, which will be the input for the algorithm. Before us is a mathematical problem of computing the optimal path and compute the shortest time of movement of the movable object. The search algorithm is implemented in the MATLAB software environment.

**Keywords:** optimal trajectory, transport network graf, internal waterways, motortransport, shortest path search algorithm.

Проблема многих городских сервисов заключается в отсутствии выбора максимально возможных путей и альтернативного выбора транспорта – водного или наземного транспорта. Отсутствует и визуализация маршрута на данный момент времени.

Известно, что задача поиска оптимальной траектории движения транспортного средства (ТС) является наиболее актуальной при планировании маршрута следования ТС, особенно в условиях ограничения транспортной коммуникации [1-3]. Оптимизация при проектировании предполагает выбор одного из нескольких решений, наилучшего в смысле какого-либо критерия, в данном случае временного. Поиск кратчайшего пути в связных графах можно организовать с помощью наиболее популярных алгоритмов Дейкстры, Флойда или Форда-Беллмана [1], в настоящей работе использован комбинированный метод, модели и матрицы корреспонденций были разработаны в ИПТ РАН в [4].

**Описание задачи моделирования и ее решение в MATLAB.** Изначально имеем входные данные о времени и дате начала пути ТС, начальные и конечные пункты движения.

С помощью сервиса *Яндекс карты* составляем граф пути (рис.1, 2), по которому расширяем входные данные для сухопутного и водного ТС, такие как: соседство точек; расстояние между соседними точками; пробки; положение светофоров на маршруте движения; цвета светофоров в начальный момент времени.

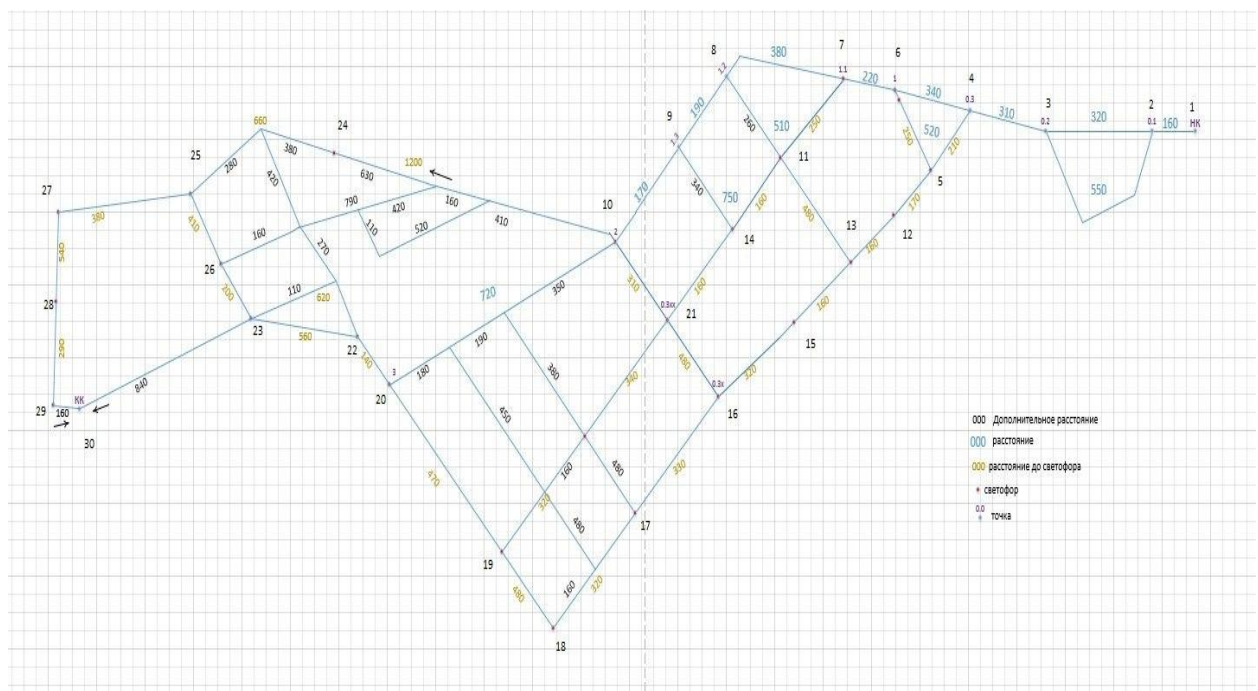


Рисунок 1 – Граф транспортной магистрали Васильевского острова СПб

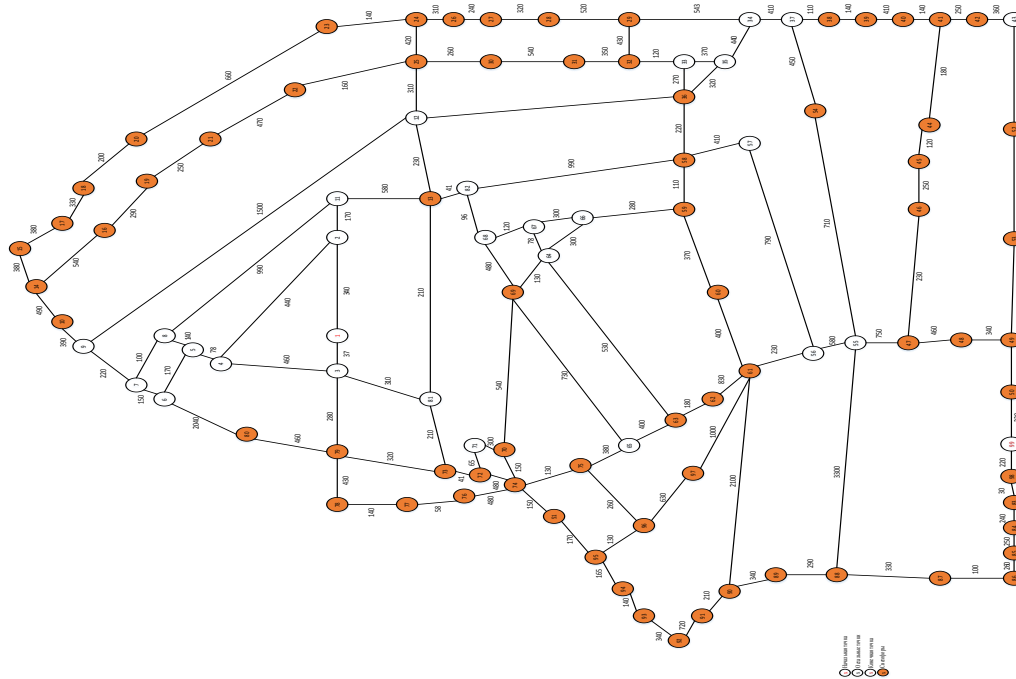


Рисунок 2 – Граф маршруту такси «ЛЭТИ» – ст. м. Невский проспект

Сформированные данные запишем в файл in\_file.txt.

Для уточнения входных данных выбор транспортного средства осуществляется пользователем в соответствии с меню на скриншоте рис. 3. При желании он может выбрать как одно из предложенных ТС, так и несколько. После чего программа рассчитывает оптимальные пути движения с помощью комбинированного метода нахождения оптимального пути, и если пользователь выбрал несколько ТС, то программа выведет данные о сравнении затрат времени и о расстояниях для данных средств передвижения, а также сам маршрут движения ТС (рис. 4, 5), что позволяет получить более подходящий для пользователя маршрут.

Визуализация заданного пути проводится в программной среде Autodesk 3dsMAX [6] (рис. 6).

```

Выберите маршрут движения:
Возможные варианты выбора:
 1.От Биржевого моста до станции м.Приморская
 2.От университета "ЛЭТИ" до станции м.Невский проспект
 3.Выход из программы
Выберите номер варианта: 2
Время выезда от нк в часах: 11.5
Введите месяц путешествия (1-12): 5
Выберите ТС:
Возможные варианты выбора:
 1.Автобус
 2.Такси
 3.Теплоход
 4.Выбор всех ТС
 5.Рестарт программы
 6.Выход из программы
Выберите номер варианта: 4
Вы выбрали в качестве транспорта передвижения все виды ТС!

```

Рисунок 3 – «Скриншот» меню пользователя

Пример. ВО СПб, маршрут: начальная точка движения – Биржевой мост (“1”), конечная точка – ст. м. «Приморская» (“30”) (рис. 1).

*Соседство точек (сухопутный вид транспорта)*

точка	1	2	3	4	4	6	5	6	7	8	9	10	12	13
Соседствует с:	2	3	4	6	5	5	12	7	8	9	10	20	13	15
точка	15	16	17	18	19	16	21	10	24	25	27	28	29	23
Соседствует с:	16	17	18	19	20	21	10	24	25	27	28	29	30	30
точка	25	26	23	20										
Соседствует с:	26	23	22	22										

*Расстояние между соседними точками (сухопутный вид транспорта)*

160	320	310	340	210	250	170	220	380	190	170	720	160	320	330
480	470	480	310	1200	660	380	540	290	160	840	410	200	560	140

*Пробки (0 - нет, 1 - есть, 2-есть, но не большая)*

0	0	0	1	0	0	2	2	2	1	0	0	2	0	2	2	2
0	2	2	2	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	

*Положение светофоров на маршруте движения*

точка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Есть/нет	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
точка	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Есть/нет	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

*Изначальный цвет светофоров во время начала движения*

точка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
цвет	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
точка	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
цвет	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1

*Соседство точек (речной вид транспорта):*

точка	1	2
Соседствует с:	2	3

*Расстояние между соседними точками (речной вид транспорта):*

2000	2700
------	------

**Основные расчеты**

Время прохождения участка с определённой скоростью в секундах:

$$t_0 = \frac{S * 3600}{1000 * V}, \text{ где } S - \text{ путь в метрах; } V - \text{ скорость в км/ч.}$$

Общее время движения:  $t = t + t_0$  (мин).

Находим время, прошедшее от периода работы светофора:

$$t_1 = t - \left( \text{fix} \frac{t}{T} \right) * T,$$

где  $t$  – общее время от начала движения,  $T$  – период работы светофора ( $T = 1$  мин.; 20 с. – красный; 40 с. – зелёный).

В зависимости от того, какой цвет светофора был изначально, найдём время, которое необходимо будет ждать зелёный цвет на светофоре:

$$t_2 = 60 - t_1(\text{Green}), \quad t_2 = 20 - t_1(\text{Red}), \quad t = t + t_2(\text{Sum}).$$

Общее время с учетом светофора  $t = t + t_2$  (мин).

На рис. 4, 5 приведены «скриншоты» результатов работы программы, написанной на языке MATLAB.

Примеры визуализации динамики движения транспортных средств по водной и наземной коммуникации приведены на рисунке 6.

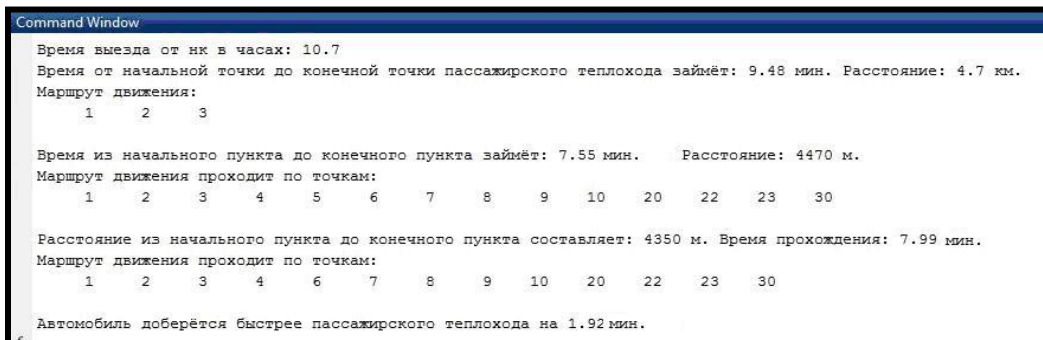


Рисунок 4 – Скриншот результатов работы программы кластер В.О.

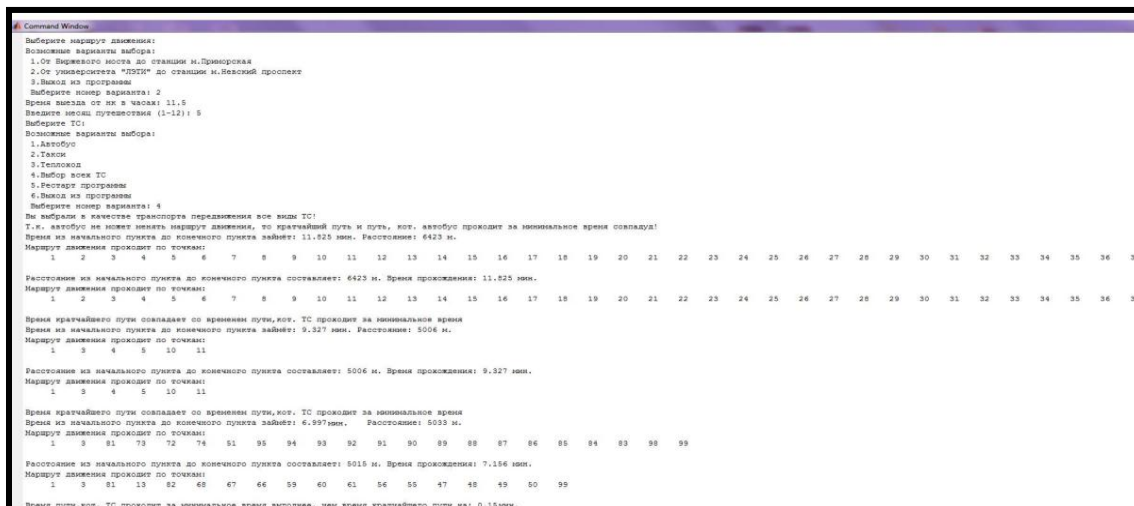


Рисунок 5 – Скриншот результатов работы программы, «ЛЭТИ» – ст. м. Невский пр.



Рисунок 6 – Примеры визуализации динамики движения ТС

**Заключение.** В статье представлены проектирование и расчет матрицы корреспонденции дорожной/водной сети Васильевского Острова и маршрута “«ЛЭТИ» – Невский проспект” Санкт-Петербурга в программной среде MATLAB2014b. Сформированы граф с точкой входа в сеть – «Биржевой мост», точка выхода – ст. м. «Приморская», граф с точкой входа в сеть – «ЛЭТИ», точка выхода – ст. м. «Невский проспект», остальные вершины графа – перекрестки, светофоры и мосты.

Получено наименьшее время, затрачиваемое на перемещение наземным авто- и водным транспортом посредством использования комбинированного метода поиска кратчайшего пути (из ранее изученных: Форда-Бэллмана, Дейкстры и Флойда) и построения матрицы корреспонденции размерностью 30x30 (пример кластера «Васильевский остров»). Результаты приведены в табличном виде. Процесс движения транспортных средств представлен анимированной картинкой, разработанной в 3dsMax 2014.

Принцип визуализации движения заключается в восстановлении пути на основе полученных результатов программы. Визуальной составляющей являются анимированные объек-



ты, такие как светофоры, пешеходы и ТС выбранные пользователем программы, а также декорации в виде различных архитектурных строений, остановок и знаков дорожного движения [3].

Новый метод нахождения оптимального пути учитывает не только расстояния и режимы работы светофоров, но также гибко подстраивается под погодные условия и загруженность на дороге, избегает аварийные участки пути, использует не только главную дорогу, но и «карманы», что помогает избежать пробок. Главной особенностью программы является учёт водного ТС, что немаловажно для Северной столицы России, которая имеет множество речных коммуникаций. Это открывает перспективы использования водных ТС как городских маршрутных средств передвижения.

В рамках настоящей работы интересен и планируется вариант разработки мобильных приложений «дополненной реальности».

#### *Список литературы*

1. Thomas H. Cormen Charles E. Leiserson R. L. R. C. S. Introduction to algorithms, third edition. The MIT Press. 2009. P. 693-700.
2. Лукомская О. Ю. Модели и алгоритмы оптимальности регулярных транспортных потоков с использованием интеллектуальных систем управления судопропуском // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2014. № 5. С. 34-37.
3. Береговой А.В., Лукомская О.Ю. Технические средства обеспечения безопасности на пешеходных переходах // Транспорт Российской Федерации. 2012. № 3-4 (40-41). С. 52-55.
4. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А., Лукомская О.Ю. Разработка структурной схемы системы городского транспортно-логистического мониторинга // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2016. Т. 10. № 12. С. 55-64.

## **ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ МАЛООБОРОТНОГО ДВУХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ СЭУ В УСЛОВИИ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА**

***Бордюг Александр Сергеевич*** – аспирант

*Керченский государственный морской технологический университет*

*298309, Россия, Керчь, ул. Орджоникидзе, д. 82, Laboratory45@yandex.ru*

*Аннотация.* Судовые Энергетические установки подвергаются влиянию широкого спектра эксплуатационных факторов. В статье рассмотрен широкий спектр эксплуатационных факторов, оказывающих влияние на судовые энергетические установки. К таким эксплуатационным факторам можно отнести увеличение износа и шероховатости гребного винта, глубину фарватера, осадку судна, ветроволновую обстановку, сопротивление трала, ледовую обстановку, плотность забортной воды, крутильные колебания гребного вала, выработка моторесурса элементов энергетической установки и т.д. Акцентировано внимание на том, что процесс управления главным двигателем должен обеспечивать безопасную эксплуатацию судна, в особенности при работе на номинальной мощности в условиях возможного возникновения значительных изменений нагрузки со стороны винта. Доказано, что в случае малооборотных дизельных двигателей с системой прямого соединения с гребным винтом считается излишним регулирование частоты вращения его коленчатого вала в связи с достаточной стабильностью системы. Последнее справедливо для работы в спокойной воде и при отсутствии эксплуатационных воздействий. В реальных условиях эксплуатации наличие эксплуатационных факторов приводит к снижению безопасности эксплуатации главного двигателя и судна. Решением данной проблемы может быть использование аппроксиматора на основе искусственной нейронной сети, позволяющего строить матрицы данных для термодинамических и механических показателей.

*Ключевые слова:* энергетическая установка, малооборотный дизельный двигатель, моделирование, переходные процессы, анализ данных, передаточная функция, матрицы крутящих моментов, дестабилизирующие факторы, нагрузка двигателя, устойчивость режима.

## STABILITY OF THE LOW-SPEED TWO-CYCLE PROPULSION DIESEL IN THE CONDITION OF AN UNINSTALLED MODE

*Bordyug Alexander S. – post-graduate student, Kerch State Technological University  
Ordzhonikidze str., 82, Kerch, 298309, Russian Federation, Laboratory45@yandex.ru*

*Abstract.* Ship Power plants are influenced by a wide range of operational factors. The article covers a wide range of operational factors that affect ship power plants. Such operational factors include increased wear and roughness of the propeller, depth of the fairway, draft of the vessel, wind conditions, trawl resistance, ice conditions, seawater density, torsional oscillations of the propeller shaft, development of the motor resource of the power plant elements, and so on. Attention is focused on the fact that the process of controlling the main engine must ensure safe operation, especially when operating at rated power in the event of a possible change in the significant changes in load from the screw. It is proved that in the case of low-speed diesel engines with a direct connection system with a propeller. The latter is valid for working in calm water and in the absence of operational influences. In the actual operating conditions of operational factors, the safety of operation of the main engine and the vessel results. The solution to this problem can be the use of an approximator based on an artificial neural network, which allows creating matrices for thermodynamic and mechanical indicators to solve this problem.

*Keywords:* power plant, low-speed diesel engine, modeling, transients, data analysis, transfer function, torque matrix, destabilizing factors, engine load, stability of the regime.

Самым распространенным типом теплового двигателя является поршневой двигатель внутреннего сгорания (ДВС), на долю которого приходится не менее 70 % всей вырабатываемой энергии. В современной экономической ситуации строительство новых дизелестроительных заводов представляется трудноосуществимым, поэтому более актуальным является анализ возможностей существующих российских дизелестроительных предприятий. При выборе судового дизеля следует учитывать принятый курс на импортозамещение в важнейших отраслях промышленности. Для России развитие дизелестроения имеет стратегическое значение, поскольку технический уровень двигателей определяет технико-экономические показатели объектов их применения, уровень развития таких стратегически важных отраслей, как водный и железнодорожный и промышленный транспорт, безопасность объектов ядерной энергетики, непрерывное и резервное энергоснабжение военной техники, т. е., в конечном счете, экономическую безопасность и обороноспособность страны.

### Методы и материалы

Низкая частота вращения, составляющая 50 – 90 мин<sup>-1</sup>, обеспечивает не только высокие надежность и ресурс, но одновременно существенно упрощает передачу к гребному винту и обеспечивает высокий пропульсивный коэффициент винта. После согласования с заказчиком судна контрактной мощности и режимов эксплуатационной мощности завод-изготовитель оптимизирует рабочие характеристики двигателя путем настройки оптимального угла опережения подачи топлива, подбора степени сжатия и перенастройки соплового аппарата газотурбокомпрессора. Положение оптимизационной точки определяется таким образом, чтобы она находилась в зоне предполагаемых наиболее часто используемых режимов — в зоне расчетной длительной мощности. Поскольку данная зона определяется весьма приближенно, для обеспечения контрактной скорости судна, а именно, для того, чтобы иметь запас мощности для сохранения скорости при ухудшении условий плавания, фирмам производителям рекомендуется устанавливать 10 %-й запас мощности двигателя и 15 %-й запас мощности по погодным условиям и состоянию корпуса (морской запас). Ограничения, на-

кладываемые на мощность и частоту вращения, определяются рекомендуемой зоной длительной работы и узкой зоной кратковременной перегрузки, выход за пределы которой недопустим.

Процесс управления главным двигателем судовой энергетической установки должен обеспечивать безопасную эксплуатацию судна, в особенности при работе на максимальной длительной мощности в условиях значительных колебаний нагрузки со стороны внешних воздействий [1]. Интенсивность колебаний нагрузки, имеющая место в тяжёлых погодных условиях, может привести к серьезным негативным и даже катастрофическим последствиям.

В связи с ранее изложенным целью настоящего исследования является повышение устойчивости режимов работы малооборотного двухтактного дизеля судовой энергетической установки в режимах, близких к длительной максимальной мощности при воздействии на него значительных внешних возмущений.

#### Результаты исследования

Были проведены исследования МОД с точки зрения поиска методов повышения эффективности режимов его эксплуатации в широком диапазоне изменения внешних воздействий. Исследование проводилось с использованием математического моделирования и компьютерной симуляции исследуемой системы. Основные задачи моделирования: анализ влияния различных процессов в исследуемой системе на её устойчивость; поиск условий обеспечения устойчивости ГЭУ в режиме длительной номинальной мощности в условиях сильных возмущающих воздействий; поиск средств обеспечения устойчивости и повышения эффективности системы в указанных условиях эксплуатации [2-4]. Необходимо учесть процессы накопления газовых масс за цикл, т. е. дифференциальные соотношения между скоростями потоков воздуха и отработанных газов, позволяющие провести газодинамический анализ процессов в системе. Используемый метод среднециклических значений обеспечивает адекватную точность моделирования [5-7].

Математическая модель процессов в ГЭУ с прямым приводом на гребной винт включает пятнадцать алгебраических и два дифференциальных уравнения. Предложено использование матрицы крутящего момента. Матрицы крутящего момента двигателя, турбины и компрессора имеют вид функций зависимости крутящего момента двигателя  $Q_E(N, N_{TC}, F_R)$ , турбины  $Q_T(N, N_{TC}, F_R)$  и компрессора  $Q_C(N, N_{TC}, F_R)$ , соответственно, от частоты вращения главного вала  $N$ , вала турбокомпрессора  $N_{TC}$  и положение топливной рейки  $F_R$  (безразмерная величина, изменяющаяся от нуля — прекращение подачи топлива, до единицы — максимальная подача).

Как видно из графиков, приведенных на рис. 1, существует характерная точка  $A$ , в которой крутящий момент двигателя перестает быть нечувствительным к частоте вращения турбоагнетателя.

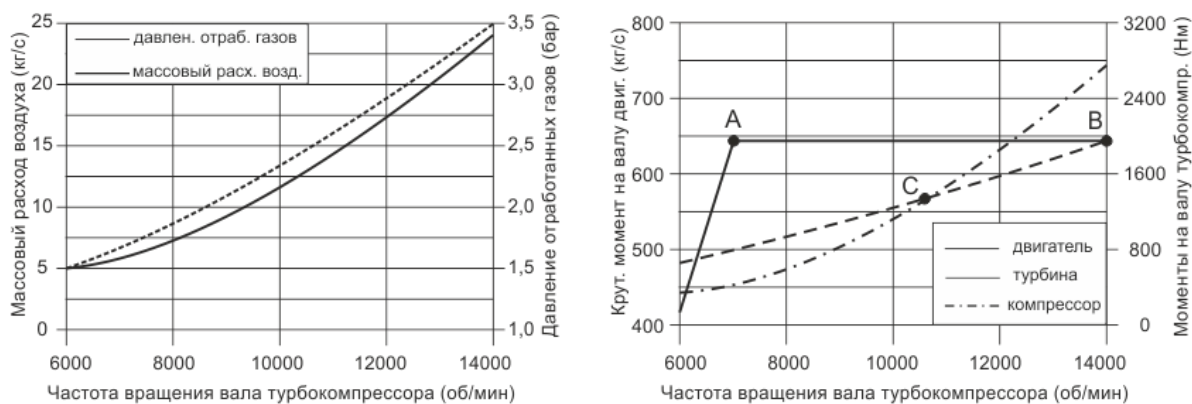


Рисунок 1 – Диаграммы значений газодинамических и механических переменных: для  $N = 95$  об/мин и  $F_R = 85\%$

Согласно выполненным расчетам, эта точка соответствует значениям отношения *воздух – топливо* ниже идеального (согласно технической документации на данный двигатель)  $\alpha = 1,2$ , где ( $\alpha \equiv (m_A/m_F)$ ),  $m_A$  — массовый расход воздуха, кг/с;  $m_F$  — массовый расход топлива, кг/с. Поэтому среднее эффективное давление и фактически крутящий момент двигателя становятся линейной функцией соотношения  $\alpha$ , что и приводит к виду полученных матриц.

Из полученных диаграмм крутящих моментов на валу со стороны турбины  $Q_T(N, N_{TC}, F_R)$  и компрессора  $Q_C(N, N_{TC}, F_R)$  видно, что линии графиков данных функций пересекаются в точке *C* (рис. 1), где наблюдается турбовальное равновесие. Значение частоты вращения вала турбины, соответствующее данной точке равновесия, соответствует, в то же время, участку *A–B* «плоской» части графика крутящего момента двигателя. Это означает, что частота вращения главного вала стабилизируется на значении, при котором определяемый величиной топливоподачи крутящий момент двигателя уравнивается моментом сопротивления со стороны гребного винта. Система турбонаддува также находится в стабильном режиме. Действительно, при частоте вращения турбины, превышающей частоту, соответствующую указанной точке равновесия, тормозящий момент нагрузки со стороны компрессора превышает крутящий момент, создаваемый со стороны турбины, что заставляет турбонагнетатель восстанавливать равновесную частоту. Обратный процесс возникает для значений частоты вращения турбины ниже равновесной.

Описываемая конфигурация пропульсивной установки приведена на рис. 2. В модели учитываются моменты инерции элементов системы со стороны двигателя и гребного винта. Момент инерции двигателя  $J_E$  учитывает моменты инерции всех вращающихся (коленчатый вал и кривоштыки, маховик и т. д.) и возвратно-поступательных (поршни, штоки и т. д.) частей. Предполагается, что момент инерции двигателя не изменяется от цикла к циклу и, следовательно, рассматривается как постоянный параметр системы.

#### Основные результаты и выводы

Теоретические исследования, выполненные в данной статье, позволили получить следующие новые результаты:

1. Разработана компьютерная модель рабочих процессов малооборотного двухтактного дизельного двигателя с учётом влияния турбокомпрессора и возможностью газодинамического анализа, использующая для снижения вычислительной сложности матрицы крутящих моментов на валу двигателя и турбокомпрессора.

2. Выполнен анализ влияния параметров рабочего процесса двигателя на устойчивость его работы в режиме, близком к длительной максимальной мощности при наличии значительных возмущений со стороны нагрузки.

3. Разработаны модели пропульсивной установки и методы идентификации их параметров с минимальным количеством измерений на физическом объекте.

#### *Список литературы*

1. Лашко В. А. Расчетное исследование переходных режимов четырехтактного дизеля с газотурбинным наддувом / В. А. Лашко, Д. В. Тимошенко // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. 2013. № 2 (298). С. 61-71.

2. Безюков О. К. Состояние и перспективы судового двигателестроения в России / О. К. Безюков, В. А. Жуков // *Вестник Астраханского государственного технического университета*. Серия: Морская техника и технология. 2017. № 2. С. 40-53. DOI: 10.24143/2073-1574-2017-2-40-53.

3. Соболенко А. Н. Определение расхода топлива и моторного масла судовыми дизелями с учетом изменения внешних условий эксплуатации / А. Н. Соболенко, Р. Р. Симашов, Д. К. Глазюк, В. В. Маницын // *Вестник Астраханского государственного технического университета*. Серия: Морская техника и технология. 2017. № 3. С. 62-73. DOI: 10.24143/2073-1574-2017-3-62-73.

4. Жиленков А. А. Перспективные пути повышения эффективности диагностирования параметров надежности эксплуатации морского бурового оборудования / А. А. Жиленков, А. А. Железняк, С. Г. Черный // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2015. № 1(29). С. 90–95.

5. Безюков О. К. Газомоторное топливо на водном транспорте / О. К. Безюков, В. А. Жуков, О. И. Яценко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2014. № 6 (28). С. 31-39.

6. Сорокин В. А. Техничко-эксплуатационные характеристики отечественных и зарубежных судовых дизелей мощностью до 3 МВт / В. А. Сорокин, М. Ю. Иванов // Наука и транспорт. Морской и речной регистр. 2013. № 1(5). С. 70-77.

7. Гаврилов В. В. Математическое моделирование процесса топливоподачи в дизелях семейства ЧН26/26 с использованием программы CYBERDIESEL / В. В. Гаврилов, В. Ю. Машенко // Двигателестроение. 2009. № 2. С. 50-51.

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОЦИАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНДУКТОРОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

*Руденко Николай Иванович* – кандидат социологических наук, научный сотрудник центра исследований науки и технологий ЕУСПб, старший научный сотрудник сектора социоурбанистики

ФГБУН Социологический институт Российской академии наук  
190005, Россия, Санкт-Петербург, ул. 7-я Красноармейская, д. 25/14,  
diogenstyx@gmail.com

Аннотация. Раскрываются результаты научного исследования кондукторов общественного транспорта Санкт-Петербурга. Выявлено, что помимо двух формальных функций контроля проездных билетов и продажи одноразовых билетов кондуктор выполняет другие функции: контроль за порядком в салоне, чистотой салона, разрешение споров между пассажирами, разрешение споров с неплательщиками, помощь отдельным категориям пассажиров и производство «эмоциональной работы» в отношении отдельных категорий пассажиров. Исследование также продемонстрировало ухудшение положения кондукторов и усложнение выполнения ими своих функций в связи с введением систем электронного контроля оплаты проезда.

Ключевые слова. кондуктора общественного транспорта, социологическое исследование, системы электронного контроля оплаты проезда.

## SOCIAL INVESTIGATION OF THE CONDUCTORS OF PUBLIC TRANSIT SYSTEM IN SAINT PETERSBURG: SOME RESULTS

*Rudenko Nikolay Ivanovich* – PhD, research fellow in the Science and Technology Studies centre of European University at Saint Petersburg, senior research fellow of the department of urban studies in Sociological Institute of Russian Academy of Science

7-nd Krasnoarmeiskaya str., 25/14, St. Petersburg, 190005, Russian Federation,  
diogenstyx@gmail.com

Abstract. Given some results of sociological investigation of conductors of public transit system in Saint Petersburg. It was found out that beside the two standard functions of them of control over the travel cards and selling one-way ticket, conductors also accomplish other functions: control over the social order in the compartment, cleanness of the compartment, conflict resolutions

*between passengers and with the free riders, help to certain kinds of passengers, as well as providing emotional labor to passengers. The investigation also shows aggravation of conductors position, and the thickening of accomplishment of their functions with the advent of electronic system of transit payment control.*

*Keywords.* public transit system conductors, sociological investigation, electronic system of transit payment control.

Постановка проблемы. В преддверии Чемпионата мира по футболу-2018 года городские чиновники заговорили о необходимости убрать кондукторов из общественного транспорта и, возможно, заменить их на электронные автоматические системы оплаты проезда. Тамара Смирнова, пресс-секретарь комитета по транспорту Санкт-Петербурга, отмечала изданию the Village: «До 2017 года Комитет планирует постепенно перейти к электронной системе оплаты проезда, более цивилизованной и современной. Комитет рассматривает различные способы оплаты проезда без использования труда кондукторов: автоматы по продаже билетов, турникеты, павильоны на остановочных пунктах, оплата через интернет, через банковскую карту, даже при помощи мобильного телефона — вариантов много» [1]. «Мы надеемся, что в городе не останется ни одного кондуктора к Чемпионату мира по футболу FIFA в 2018 году, так как весь Санкт-Петербург перейдет на систему электронного контроля оплаты проезда», – сообщил заместитель начальника Управления развития системы электронного контроля оплаты проезда СПб ГКУ «Организатор перевозок» Иван Буров в мае 2015 года [2].

Эта перспектива – замена кондукторов электронными системами оплаты труда – стала отправной точкой нашего исследования в центре исследований науки и технологий (центре STS) Европейского университета в Санкт-Петербурге в 2016 году. Основные наши вопросы были следующими: какие функции выполняет кондуктора общественного транспорта? Могут ли все эти функции быть автоматизированы? Насколько удачно решение заменить кондукторов?

Цели, методы и данные. Для ответа на эти вопросы в центре STS была сформирована исследовательская команда, состоящая из руководителей центра, ассоциированных сотрудников и студентов (всего 7 человек). Нашими целями были:

1) максимально полное описание профессиональных функций кондуктора, взаимодействий (с пассажирами, валидаторами и др. технологиями, и вагоновожатыми/водителями), и практик кондукторов общественного транспорта;

2) выявление основных проблемных тем в работе кондукторов, особенно в связи с вводом электронных систем оплаты проезда.

В качестве методов мы решили использовать следующие: включенное наблюдение процесса перевозки на различных маршрутах общественного транспорта (ОТ) Санкт-Петербурга в разное время суток в разные дни недели; breaching-эксперименты; сбор материалов на форумах, в социальных сетях и на сайтах, посвященных кондукторам и, в целом, ОТ Санкт-Петербурга; полуструктурированные интервью с кондукторами ОТ.

В ходе использования этих методов мы получили следующие данные: 32 наблюдения процесса перевозки; 32 breaching-эксперимента; 13 интервью с кондукторами.

Основная часть. Функции кондуктора и их делегирование технике. Несмотря на то, что обычно в обязанности кондуктора включают только проверку проездных документов и продажу билетов пассажирам, даже формальные вакансии требуют от кондукторов коммуникабельности [3]. Это выражает то, что мы обнаружили в нашем исследовании, где основная идея: кондуктора выполняют многочисленные функции, которые формально не прописаны и которые, забегая вперед, не могут до конца быть автоматизированы. Помимо проверки проездных и продажи билетов, функции которые могут быть делегированы автоматическим машинам, существует ряд функций, которые сложно или не возможно делегировать. Они следующие: помогать пассажирам (особенно отдельным категориям), вести «терапевтические разговоры» с определенными категориями пассажиров, контролировать оплату проезда пассажиров («Страх, чтобы платили»), контролировать чистоту салона, разрешать споры с «зайцами», контролировать движение состава и регулировать поведение водителя (на неко-

торых типах ОТ), эмоциональная работа, следить за порядком/ не допускать/уводить из салона пьяных, бездомных, дебоширов.

Некоторые из этих функций могут быть делегированы технике: например, помощь пассажирам, которые сейчас реализована в специфических моделях ОТ, или эти функции могут выполнять сами пассажиры. Это относится и к контролю оплаты проезда, и к контролю чистоты салона и движения состава. Но ряд других функций, например, вести «терапевтические разговоры», выполнять эмоциональную работу, разрешать споры с «зайцами» и не допускать/уводить из салона пьяных, бездомных и дебоширов – эти функции трудно делегировать технике, по крайней мере, если ее понимать чисто технически: как набор алгоритмов, которые могли бы решить данные задачи: не допустить пьяного, поговорить с пассажиром, создать ощущение контроля, чтобы пассажиры платили. Если мы отказываемся от кондукторов в пользу других способов выполнения данных функций, то перед нами стоит задача перераспределить эти функции и возложить их на самих пассажиров, либо на водителя. С другой стороны, присутствие кондуктора в салоне воплощает определенный способ организации перевозки, где салон транспорта представляет собой общественное пространство, в котором встречаются самые разные группы людей, и которое необходимо контролировать, или по отношению к определенным категориям необходимо делать эмоциональную работу.

Стоит отметить также, что сами кондуктора на вопросы о том, как они полагают, можно ли избавиться от кондукторов, отвечали в основном отрицательно. Основными аргументами с их стороны выступали отсылки к пост-советскому состоянию, в котором люди не будут платить, поскольку не ощущают ответственности ни перед своими согражданами, ни перед транспортной системой (один из кондукторов даже приводила метафору «фуршета»: люди не будут платить, если нет индивидуальной системы контроля за оплатой). Другими аргументами служили сомнения, что «машина сама по себе сможет наводить страх на пассажиров» (чтобы они оплачивали проезд), что стоимость проезда в ОТ в Санкт-Петербурге и так велика и люди будут стремиться не платить, если смогут, что все иные варианты (особенно турникеты) не удобны. По поводу последнего пункта одна из кондукторов в исследовании отмечала: «Я была в Москве, я видела это чудовище, я видела как люди ругались, видела километровые очереди», другой кондукторов отмечал, что «Простой для водителя стоит дороже, чем оплата кондуктора».

Моя позиция состоит в том, что от кондукторов можно и нужно избавляться, но при условии создания такого салона ОТ, в котором с помощью наработок социологов, социальных психологов, антропологов, с одной стороны, и инженеров, проектировщиков транспортных систем, с другой, можно будет создать с помощью дизайна создавать комфортные и удобные условия проезда, где проезд будет не передвижением из точки А в точку Б, а важным временем, проведенным в дороге.

Дополненный контроль: кондуктора и СЭКОпы. Второй важный вопрос, на который мы хотели ответить в нашем исследовании – это то, что изменилось в связи с введением СЭКОПов (систем электронного контроля оплаты проезда) в деятельности кондукторов. До 2014 году, где-то в течении несколько лет, кондуктора контролировали проездные билеты с помощью ручных валидаторов. За это им шла дополнительная надбавка к заработной плате и они обладали монополией на контроль. После введения распределенной по салону системы СЭКОПов положение кондукторов и выполнение ими функций, стали сложнее. Здесь можно привести три основных пункта:

во-первых, после введения СЭКОПов, кондуктора потеряли возможность быть фокусом контроля и теперь их внимание перераспределяется на то, чтобы следить за прикладыванием проездных билетов к «валидаторам» на поручнях, что в условиях длинного салона (и особенно сдвоенных составов) довольно сложно.

Кроме того, при сомнениях в том, приложил ли пассажир проездной билет, кондуктор обязан перепроверить его ручным «контролером», но это вызывает дополнительные напряжения в общении с пассажирами, поскольку последние полагают, что их проверяют по нескольку раз и эмоционально негативно на это реагируют.

В-третьих, с введением СЭКОПов кондукторам перестали доплачивать за ручные проверки и, соответственно, заработная плата кондукторов упала. Можно также отметить, что некоторые кондуктора в интервью говорили о том, что СЭКОПы порой выходят из строя, что может грозить даже прекращением рейса или его изменением.

Попробуем описать эту ситуацию через набор прагматических программ, которым подчиняется кондуктор и тем, что изменилось в связи с введением СЭКОПов. Мы выделили четыре основных прагматических алгоритма, которые подчиняется в своей служебной деятельности кондуктор:

1. Кондуктор должен выполнять планы по продаже одноразовых билетов и прикладыванию к валидаторам, чтобы получить премию в конце месяца.
2. Нарушения в работе кондукторов (присутствие неоплативших пассажиров, жалобы на кондукторов и т.д.) приводят к лишению премии.
3. Чем больше дополнительных споров с пассажирами, тем больше нервозности и жалобы.

Если в эту систему ввести СЭКОПы, то мы увидим, как меняется, и ухудшается положение кондукторов:

1. Чем больше людей используют СЭКОПы, тем меньше возможностей выполнить план.
2. СЭКОПы приводят к усиленным (двойному) контролю, что приводит к большему количеству споров с пассажирами, а значит к жалобам и лишению премии.
3. СЭКОПы усложняют контроль (о чем мы говорили выше) и приводит к тому, чтобы появлялось больше вероятности для кондукторами пропустить зайца, и следовательно, выше шансы быть пойманными контроллером и лишенным премии.

На мой взгляд, такую ситуацию можно описать понятием «гибридная инфраструктура», которое отсылает к тому, чтобы в одну инфраструктуру, которая занималась опосредованием перевозок, включили другую, которая входит в напряжение с первой из-за своего дизайна (расположение порочней, распределенный и двойной контроль). Кондукторов лишили монополии контроля и это привело к тому, что их собственное положение стало двояким и неопределенным.

**Вывод.** В данной работе я попытался ответить на два основных вопроса, опираясь на данные эмпирического исследования кондукторов ОТ в Санкт-Петербурге, которое проводилось Центром исследования науки и технологий в 2016 году: Какие функции существуют у кондукторов? И как изменилось положение кондукторов (и выполняемые ими функции) в связи с введением системы СЭКОПов.

Коротко: функции кондукторов включают не только проверку проездных билетов и продажу одноразовых билетов, но также и целый ряд «социальных» функций: помощь определенным категориям граждан, контроль проезда, в т.ч. с помощью «эмоционального труда», разрешение споров с неплатящими пассажирами и контроль за порядком в салоне. Лишь некоторые из этих функций могут быть легко делегированы автоматическим системам.

На второй вопрос можно ответить так: положение кондукторов ухудшилось и созданная система перевозки и оплаты проезда в ОТ носит гибридный характер и содержит внутренние напряжения.

#### *Список литературы*

1. Есть вопрос: Зачем в наземном транспорте кондукторы, если есть валидаторы? // URL: <http://www.the-village.ru/village/city/asking-question/145511-est-vopros-pochemu-konduktory-dubliruyut-validatory> (дата посещения: 7.11.2017).
2. Кондукторов не останется в Санкт-Петербурге в 2018 году // <http://www.exproforum.ru/presscentre/eventsnews/2015/5/1089> (дата посещения: 7.11.2017).
3. Вакансия кондуктора. Первый автобусный парк // URL: <https://www.avtobus.spb.ru/vacancies/avtobusnyj-park-1> (дата посещения: 10.07. 2016).



## МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМОГО ДВИЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ БОРТОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДОЙ

**Борисов Александр Николаевич** – аспирант кафедры систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет  
190121, Россия, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, д. 3, bor\_fond93@mail.ru

**Борисова Маргарита Александровна** – студентка кафедры систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет  
190121, Россия, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская., д. 3, bor\_fond93@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается имитационное моделирование управляемого движения обследовательского АНПА с параллельной бортовой вычислительной средой в среде SubSim. SubSim – универсальная среда моделирования подводных аппаратов, разработанная в университете Западной Австралии в целях повышения интереса к АНПА начинающих исследователей. В статье обосновывается актуальность темы, описываются возможности среды по работе с параллельными вычислениями.

Ключевые слова: среда моделирования, обработка изображений, компьютерное зрение, система управления, параллельные вычисления

## MODELING THE CONTROLLED MOTION OF AN UNDERWATER VEHICLE WITH A PARALLEL ON-BOARD COMPUTING SYSTEM

*Borisov Aleksandr N. – postgraduate, Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities, St. Petersburg State Maritime Technical University (SMTU)*

*Lotsmanskaja str., 3, St.Petersburg, 190121, Russian Federation, bor\_fond93@mail.ru*

*Borisova Margarita A. – student, Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities, St. Petersburg State Maritime Technical University (SMTU)*

*Lotsmanskaja str., 3, St.Petersburg, 190121, Russian Federation, bor\_fond93@mail.ru*

Abstract. The article considers modeling of AUV control motion with parallel onboard computing system in SubSim. SubSim is a universal modeling environment for underwater vehicles, developed at the University of Western Australia to increase interest in AUV novice researchers. The article substantiates the relevance of the topic, describes the possibilities of the environment for working with parallel computations.

Keywords: simulation environment, image processing, vision system, control system, parallel computing

В последние годы учеными разных стран ведутся фундаментальные и прикладные научные исследования многих глобальных проблем Мирового океана. Изучение морских глубин в настоящее время происходит с использованием самых современных технических средств, которые разрабатываются некоторыми специализированными НИИ, кафедрами и лабораториями вузов, а также коммерческими организациями при участии ученых океанологов, инженеров, специалистов по системам управления и вычислительной технике.

Хотя современные достижения в области изучения Мирового океана и можно назвать значительными, впереди еще много работы. И чем глубже и основательнее специалисты продвигаются в решении возникающих проблем, тем более эффективно и с меньшим вредом для экологии можно использовать океан на благо человечества. Понимание процессов, происходящих в океане и свойств морской воды, позволяет сделать морское судоходство безо-

пасным и соответствующим современным экономическим требованиям, создает благоприятные условия для поиска и добычи полезных ископаемых.

Одним из самых современных технических средств освоения Мирового океана является подводный робот. Чем-то напоминающий маленькую подводную лодку, он перемещается в толще воды с целью сбора информации о рельефе дна, строении верхнего слоя осадков, наличии на дне предметов и препятствий, поиска полезных месторождений. Подводный аппарат сможет выполнять свои задачи в геологических и биологических исследованиях только при том условии, что, во-первых, он будет оснащен необходимым оборудованием, и, во-вторых, что научный персонал подготовлен к подводным работам. Питание таких аппаратов осуществляется от аккумуляторов или другого типа батарей. Некоторые подводные аппараты способны погружаться до глубины 6000 м. Среди подводных роботов особо выделяется класс автономных необитаемых подводных аппаратов. Эти устройства способны длительное время действовать автономно, без команд оператора и контроля со стороны человека, возвращаясь на базу только для передачи информации и зарядки батарей. В настоящее время уже существуют аппараты, автономность которых исчисляется месяцами работы, а длительность хода тысячами километров. АНПА используются для площадных съёмок, мониторинга подводных объектов, например трубопроводов, поиска и обезвреживания подводных мин.

Проектирование алгоритмов управления – это весьма долгий и трудоемкий процесс. Целесообразным является использование имитационных программных комплексов для тестирования и отладки алгоритмов управления [5]. Такая практика значительно сокращает финансовые и временные затраты по сравнению с натурными экспериментами.

На сегодняшний день существует ряд программных продуктов, ориентированных на моделирование динамики и алгоритмов управления роботов разнообразного назначения и функционирующих на земле, в воде и в воздухе. В качестве примеров можно привести Microsoft Robotics Developer Studio, TeamBots, Simbad, onDesk, Gazebo, UWSim.

Наиболее подходящей для моделирования подводных роботов является среда SubSim[6,7]. SubSim предоставляет огромные возможности для разработки приложений и позволяет провести моделирование движения, настройку контроллера, тестирование алгоритмов управления. Данный проект является некоммерческим и использует открытые библиотеки. Например, движение твердых объектов под влиянием сил и моментов точно моделируется благодаря использованию возможностей трехмерного физического движка реального времени Newton Dynamics. Датчики, двигатели, и воздействие жидкости моделируется с помощью библиотеки Physics Abstraction Layer (PAL). В состав библиотеки входят такие сенсоры как компас, гироскоп, датчики линейной и угловой скорости, камеры и сонары. Для генерации видеоизображений используется OpenGL. Архитектура приложения строится на плагинах. Многие компоненты, включая пользовательский интерфейс, API, симуляция физики, могут быть изменены для удовлетворения пользовательских потребностей. Это позволяет легко расширять моделируемые системы за счет добавления различных плагинов, написанных на любом языке, который поддерживает динамические библиотеки [6]. Так, например, для моделирования параллельных вычислений есть возможность использовать стандарт OpenMP. Это открытый стандарт для распараллеливания программ на языках Си, Си++ и Фортран. Он предоставляет в распоряжение программиста набор переменных, методов и директив для создания многопоточных приложений. OpenMP поддерживается многими компиляторами: Sun Studio, GCC, Visual C++, Intel C++ compiler. Распараллеливание можно представить в виде следующей модели. Последовательный код вызовом специальной директивы разветвляется на несколько потоков. Такое разветвление требует накладных расходов и, поэтому, может замедлить выполнение. Вспомогательные потоки обрабатывают свою часть данных, в то время как основной ждет их завершения и обеспечивает синхронизацию. При достижении закрывающей директивы все вспомогательные потоки удаляются из системы, продолжается выполнение в последовательном режиме.

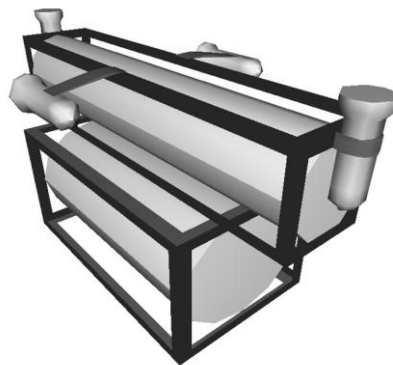
Проектирование можно разделить на несколько основных этапов: создание окружающего мира для функционирования аппарата, наполнение мира объектами, создание модели аппарата, разработка и тестирование ПО.

Описание мира в SubSim включает в себя такие аспекты окружающей среды, как вода, бассейн, форма дна и объекты. Форма дна бассейна описывается растровым графическим файлом в серых тонах по технологии Heightmap. Каждый пиксел описывает высоту соответствующей точки дна. Черным цветам будет соответствовать самая высокая точка, а белым – дно бассейна. Объекты в модели должны иметь уникальные имена, чтобы была возможность связать его с моделируемым физическим телом в программе для его правильного поведения. Кроме того, в файле указывается ссылка на 3d-модель и коэффициенты масштабирования. При описании объектов требуется задание таких параметров, как форма, масса, объем. SubSim поддерживает всего три типа тел: прямоугольная призма (длина, ширина, высота), цилиндр (высота и радиус), шар (радиус). Для робота, кроме того, нужно указать подключаемые датчики и приводы. В среде поддерживается несколько типов датчиков: гироскоп, спидометр, датчик расстояния, компас, камера.

Когда полигон готов, можно приступить к разработке ПО. Для упрощения задачи программирования используется плагин EyeBot. Он расширяет стандартные возможности среды библиотекой высокоуровневых функций RoBIOS и добавляет модель физического контроллера с LCD экраном и кнопками для ввода информации. RoBIOS содержит множество системных вызовов для работы с внешними устройствами, такими как компас, двигатели, датчики, аналоговый и цифровой ввод-вывод.

Для моделирования движения АНПА вдоль трубопровода в среде SubSim мы можем использовать данные с видеокамеры, ориентированной ко дну. Для оценки ориентации и положения аппарата используются данные от датчиков угловых скоростей и ускорений [8]. Для упрощения, мы будем идентифицировать трубопровод по цвету. Все искомые трубы в модели будут иметь белый цвет, что сильно их выделяет на фоне темного дна. На рисунке 1 показана 3d-модель аппарата. Текущий курс аппарата определяется в зависимости от ориентации трубы на фото, а расстояние до трубопровода поддерживается постоянным.

Таким образом, в приведенной упрощенной модели мы имеем два регулируемых параметра – глубина и курс аппарата. А поскольку программы управления в среде SubSim проектируются на языке Си, то существует возможность моделирования различных режимов управления, основанных на нечеткой логике [9] или нейросетевом подходе [10].



*Рисунок 1 – Модель аппарата и движение вдоль трубопровода.*

Итак, для моделирования управляемого движения АНПА вдоль трубопровода представляется рациональным использование среды SubSim. В среде реализована реалистичная физическая модель, множество различных датчиков, а также имеются средства для ускоренного создания ПО. Крупным недостатком симулятора является невозможность работы со звуковыми эффектами и несколькими видеокамерами, что не позволяет использовать некоторые эффективные алгоритмы стереозрения. Однако возможность подключения современных средств распараллеливания кода открывает перед разработчиками широкие возможности по моделированию управляемого движения АНПА, оборудованных вычислительной системой с параллельной архитектурой.

### Список литературы

1. Агеев М.Д., Киселев Л.В., Матвиенко Ю.В. и др. Автономные подводные роботы: системы и технологии / под общ. ред. акад. М.Д. Агеева. М: Наука. 2005. 398 С.
2. Войтов Д.В. Обследование трубопроводов и гидротехнических сооружений с использованием телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов // Гидротехника. 2009. № 2. С. 52-55.
3. Багницкий А.В., Инзарцев А.В., Павин А.М. и др. Модельное решение задачи автоматической инспекции подводных трубопроводов с помощью гидролокатора бокового обзора // Подводные исследования и робототехника. 2011. № 1(11). С. 17-23.
4. Войтов Д.В. Телеуправляемые необитаемые подводные аппараты // Моркнига. 2012. С. 506.
5. Бобков В., Морозов М., Багницкий А. и др. Имитационный моделирующий комплекс для обследовательского автономного подводного робота // Научная визуализация. 2013. Т. 5. № 4. С. 47-70.
6. Борисов А.Н. Моделирование системы управления движением подводного робота в среде SubSim // материалы IV Межвузовской научно-практической конференции аспирантов, студентов и курсантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России» 15-16 мая 2013 года. СПб.: ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова/ 2013. С. 317-323.
7. Борисов А.Н. SubSim, как универсальное средство моделирования подводных роботов: материалы Юбилейной Международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы - 2015» 24-25 ноября 2015 г. СПб: ИПТ РАН. 2015. С. 133-137.
8. Сиек Ю. Л., Хуторная Е. В. Алгоритм оценивания начального состояния системы пространственной ориентации подводного робота // Морские интеллектуальные технологии. 2014. № 3 (24). С. 101-107.
9. Сиек Ю. Л., Сакович С. Ю. Метод синтеза нечеткой модели движения малогабаритного подводного транспортного средства // Морской вестник. 2013. № 1 (10). С. 64-67.
10. Сиек Ю.Л., Сакович С.Ю., Яковлева М.В. Управление подводным роботом по видеоданным на основе нейросетевого подхода // Морской вестник. 2013. № 4 (48). С. 073-075.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В РЕАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

*Чистякова Ольга Игоревна – аспирант, младший научный сотрудник лаборатории Прикладной математики  
ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого  
195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, chistiakova.olga@gmail.com*

*Аннотация. В работе рассмотрена задача детекции транспортных средств на видео с обзорных камер, установленных на улицах городов для контроля ситуации на дорогах. Приведен обзор подходов на основе машинного обучения, использующихся для решения этой задачи в международной практике, рассмотрены их достоинства и недостатки при работе в реальных условиях. Сделан вывод о том, что наиболее перспективным является использование оптимизированных по времени и качеству работы методов глубокого обучения.*

*Ключевые слова: системы видеонаблюдения, детекция объектов, машинное обучение, компьютерное зрение, нейронные сети, глубокое обучение.*

# APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS FOR VEHICLE DETECTION IN REAL VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS

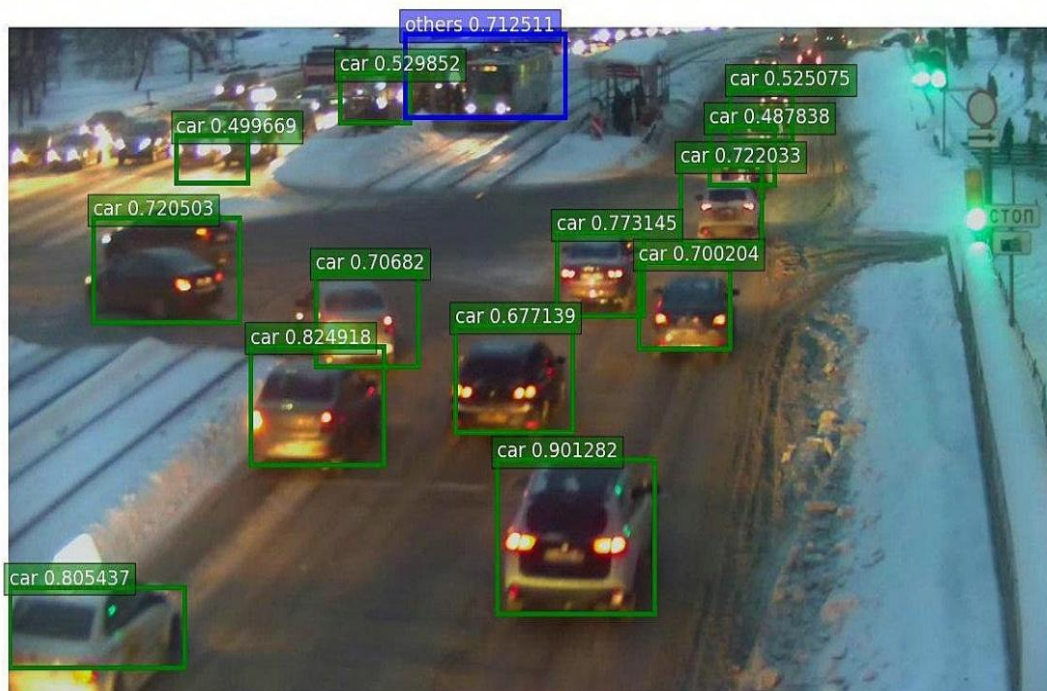
*Chistiakova Olga I. – post-graduate student, Junior Researcher of Applied Mathematics Lab, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
Polytechnicheskaya str., 29, St. Petersburg, 195251, Russian Federation,  
chistiakova.olga@gmail.com*

*Annotation. A problem of vehicle detection on the video from street surveillance cameras is considered. A survey of most widely used machine learning algorithms is provided with a discussion on the pros and cons of each in real life conditions. It was concluded that though deep learning ideas are the most powerful in the object detection domain, proper optimization of the computational complexity and performance quality is still needed.*

*Key words: video surveillance systems, object detection, machine learning, computer vision, neural networks, deep learning*

Внедрение интеллектуальных систем видеонаблюдения на улицах является необходимым для повышения уровня безопасности на дорогах. Подобные системы теоретически могут фиксировать нарушения правил дорожного движения, осуществлять сбор статистики для последующей оптимизации транспортных потоков, детектировать транспортные средства, находящиеся в розыске и так далее. В основе решения любой из этих задач лежит детекция транспортных средств в кадре (рис.) В течение последних лет для детекции объектов на изображении активно использовались методы машинного обучения, и качество, которого удалось достичь с их помощью, в некоторых случаях превосходит средний уровень человеческих возможностей. Однако при работе на реальных данных, возникают проблемы, которые редко принимаются во внимание во время тестирования нового алгоритма на общепринятых датасетах.

Прежде всего, реальные условия предполагают огромный разброс рассматриваемых ракурсов и типов детектируемых транспортных средств – от легковых машин до общественного транспорта и всех видов грузовых машин.



*Рисунок – Пример детекции транспортных средств на изображении с реальной камеры видеонаблюдения*

Кроме того, видеопотоки, получаемые с реальных камер, часто являются сильно зашумленными: на это могут влиять как естественные факторы – погодные условия (снег, дождь, туман), загрязнение камеры (паутина, капли), так и технические сложности (повреждение кадра во время передачи, низкое качество изображения, засветка).

Также большинство современных алгоритмов являются крайне затратными с вычислительной точки зрения, и чтобы добиться обработки видеопотока в реальном времени (а это критическое требование для многих задач) необходимо использовать для расчетов видеокарту, что существенно повышает стоимость внедрения системы видеонаблюдения, а иногда и вовсе не является возможным.

Одна из наиболее известных и уже ставших классическими в области компьютерного зрения статей – работа Виолы и Джонса [1], в которой предложен быстрый алгоритм для детекции лиц. Этот алгоритм основан, во-первых, на интегральном представлении черно-белых изображений, позволяющем без особых вычислительных затрат находить отклик участка изображения на простые черно-белые фильтры, и, во-вторых, на так называемом методе бустинга, позволяющем создавать сильный классификатор на основе набора слабых. Несмотря на то, что этот метод в некоторых случаях может являться эффективным, достичь достаточного качества детекции для более сложных классов объектов с его помощью не получается.

Следующий метод [2], ставший эталоном решения задачи детекции объектов на довольно продолжительное по меркам быстро развивающейся области компьютерного зрения, был связан с вычислением гистограмм градиентов и последующую их классификацию методом опорных векторов. Этот подход показывал лучшее на тот момент качество работы, однако был неустойчив к различным трансформациям объектов (масштабирование, повороты, пересечения), чувствителен к разного рода шумам и являлся вычислительно сложным. В попытке решить эти проблемы, было создано множество модификаций этого подхода - упомянем, в частности, статью [3], в которой было предложено рассматривать искомый объект как комбинацию его составных частей. Тем не менее, ни одна из предложенных модификаций не обладала достаточной универсальностью, надежностью и скоростью работы для того, чтобы широко использоваться в реальных системах.

В 2012 году было показано [4], что лучшие на тот момент рекорды качества классификации объектов могут быть с запасом превзойдены методами глубокого обучения - методами, основанными на многослойных сверточных нейронных сетях.

Кроме того, за последние три года появилось целое семейство многослойных нейронных сетей [5-6], решающих одновременно задачи и детекции, и локализации, и классификации объектов на изображении. К сожалению, эти методы являются настолько сложными с вычислительной точки зрения и затратными по памяти, что без использования видеокарт не позволяют добиться приемлемой на практике скорости работы. Из-за этого одним из наиболее активно развивающихся направлений исследований на данный момент является ускорение многослойных нейронных сетей без потери качества работы. В качестве основных подходов можно назвать бинаризацию (или уменьшение разрядности) параметров, отбрасывание наименее важных фильтров, эмпирический поиск минимальной архитектуры сетки, дающей возможность добиться нужного уровня качества.

Таким образом, несмотря на то, что методы машинного обучения позволяют достичь высокого качества детекции даже таких сложных и разнообразных объектов, как транспортные средства, использование их для видеонаблюдения в реальных условиях все еще является сложной задачей, требующей в каждом отдельном случае проведения исследования для нахождения оптимального по скорости и качеству алгоритма для ее решения, настройки его параметров и тестирования на достаточно репрезентативной выборке для верификации надежности работы реализованной системы.

#### *Список литературы*

1. P. Viola, M.J. Jones. Robust real-time face detection, International Journal of Computer Vision, 2004. Vol. 57, № 2, pp.137-154.

2. N. Dalal, B. Triggs. Histograms of oriented gradients for human detection, IEEE Computer Society Conference on, 2005. Vol.1, pp. 886-893.
3. P.F. Felzenszwalb, R. Girshick, D. McAllester, D. Ramanan. Object detection with discriminatively trained part-based models, IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2010. Vol 32(9), pp. 1627-1645.
4. A. Krizhevsky, I. Sutskever, G. Hinton. ImageNet classification with deep convolutional neural networks, Proc. Advances in Neural Information Processing System, 2012. Vol 25, pp. 1090-1098.
5. S. Ren, K. He, R. Girshick, J. Sun. Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks, Advances in neural information processing systems, 2015, pp. 91-99.
6. J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, A. Farhadi. You only look once: Unified, real-time object detection, Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016, pp. 779-788.

УДК 656, 007; 004.81, 614.8; 007; 51-7, 351; 351.81; 351.78

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СФЕРЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

*Буров Илья Алексеевич – студент*

*ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

*197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5, ilya.burov1997@gmail.com*

*Аннотация. Рассматривается задача разметки области предпочтительного следования применительно к общественному транспорту. Производится разметка маршрутов общественного транспорта, посредством способа дополненной реальности. Разрешается проблема поиска информации о маршрутах следования пассажирского транспорта и проблема повышения эффективности восприятия транспортной информации через ее визуальное отображение на мобильном устройстве.*

*Ключевые слова: общественный транспорт, дополненная реальность, умный город, выбор маршрутов, область предпочтительного следования.*

## USE OF ADDITIONAL REALITY TECHNOLOGY IN THE SPHERE OF INCREASING THE QUALITY OF URBAN TRANSPORT SERVICE OF THE POPULATION

*Burov Ilya A. – student, Saint Petersburg Electrotechnical University LETI*

*Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation, ilya.burov1997@gmail.com*

*Abstract. The problem of marking the area of preferential following with reference to public transport is considered. The public transport routes are displayed on the screen of the smartphone, by means of augmented reality. The problem of finding information on the routes of passenger transport and the problem of improving the perception of transport information through its visual display on a mobile device are solved.*

*Keywords: public transport, augmented reality, smart city, route selection, area of preferred movement*

Развитие информационных технологий и цифровизация городской транспортной среды открывает новые возможности повышения качества транспортного обслуживания городского населения [1,2]. И, если задачи поиска маршрутов предпочтительного следования были разрешимы в границах существующего информационного инструментария, стоявшего на вооружении транспортной науки [3], то задачи разметки области предпочтительного следования и цепочек транспортной активности [4] оставались до настоящего времени не разрешимы.

С появлением новых информационных решений, научное направление «Travel behavior» или «Транспортное поведение жителей» становится лидером по числу научно-технологических внедрений, которые способны изменить городскую среду.

Одной из таких технологий является «дополненная реальность». Дополненная и виртуальная реальность стали глобальными трендами, которые имеют влияние, сравнимое с влиянием интернета и смартфонов. Технология дополненной реальности обогащает естественное окружение человека, делает его более ценным.

На данный момент уже существует множество приложений, упрощающих транспортное поведение городского населения.

Однако до настоящего времени, не было продемонстрировано технологических решений «дополненной реальности» в задачах разметки области предпочтительного следования в границах методологического инструментария «Travel behavior».

Решению этой задачи и посвящена настоящая статья.

Область предпочтительного следования (рис. 1) это пространственно-ограниченная область движения объекта, в которой характеристики, входящих в нее объектов удовлетворяют персональным предпочтениям пользователя [3].

Разметка области предпочтительного следования максимизирует функцию транспортной полезности пользователя.

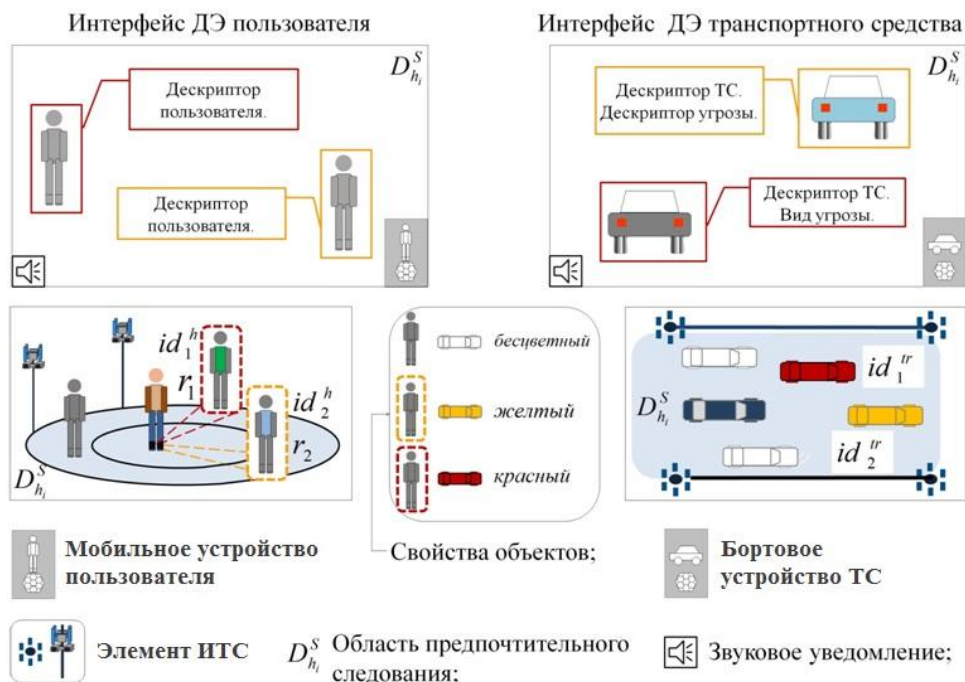


Рисунок 1 – Область предпочтительного следования

Функция транспортной полезности пользователя  $\Phi_{hid}$  —принимает предпочтительное значение  $V_t^{Pref}$ , в том случае, когда характеристики пути  $Ch(\rho^s; \rho^d)$  и свойства входящих в него объектов  $\mathcal{E}(\rho^s; \rho^d)$  удовлетворяют персональным предпочтениям пользователя на пути из места отправления  $\rho^s$  в место прибытия  $\rho^d$ , согласно (1)



$$\Phi_{h_{id}} = \lim B_t^{h_{id}}(\rho_{h_{id}}^s; \rho_{h_{id}}^d) = B_t^{Pref}(\rho_{h_{id}}^s; \rho_{h_{id}}^d) \quad (1)$$

$$\left( Ch_{h_{id}}^{Pref} \underset{\cap}{\Phi^{\Gamma}[\rho_{h_{id}}^s; \rho_{h_{id}}^d]} CH \right) = \exists_{h_{id}}^{Pref}(\rho_{h_{id}}^s; \rho_{h_{id}}^d)$$

где  $h_{id}$  – пользователь с номером  $id$ ;  $(\rho^s; \rho^d)$  – начальный и конечный участок пути соответственно;  $Ch_{h_{id}}^{Pref}$  – предпочтительные характеристики пути пользователя  $h_{id}$ ;  $\Phi^{\Gamma}$  – функционал системы разметки пути и области следования пользователя (дополненная реальность).

Задача разметки области предпочтительного следования разрешается программно-алгоритмически в среде Unity и Vuforia, с использованием API Yandex.

Определяя геопозицию с помощью Yandex карт, мы выбираем только номера общественного транспорта проходящих поблизости, что ускоряет работу и точность определения общественного транспорта.

<pre> 46 public void OnTrackableStateChanged( 47     TrackableBehaviour.Status previousStatus, 48     TrackableBehaviour.Status newStatus) 49 { 50     if (newStatus == TrackableBehaviour.Status.DETECTED    51         newStatus == TrackableBehaviour.Status.TRACKED    52         newStatus == TrackableBehaviour.Status.EXTENDED_TRACKED) 53     { 54         OnTrackingFound(); 55     } 56     else 57     { 58         OnTrackingLost(); 59     } 60 } 61 private void OnTrackingFound() 62 { 63     Renderer[] rendererComponents = GetComponentsInChildren&lt;Renderer&gt;(true); 64     Collider[] colliderComponents = GetComponentsInChildren&lt;Collider&gt;(true); 65 66     // Enable rendering: 67     foreach (Renderer component in rendererComponents) 68     { 69         component.enabled = true; 70     } 71 72     // Enable colliders: 73     foreach (Collider component in colliderComponents) 74     { 75         component.enabled = true; 76     } 77 78     Debug.Log("Trackable " + mTrackableBehaviour.TrackableName + " found"); 79 } 80 private void OnTrackingLost() 81 { 82     Renderer[] rendererComponents = GetComponentsInChildren&lt;Renderer&gt;(true); 83     Collider[] colliderComponents = GetComponentsInChildren&lt;Collider&gt;(true); 84 85     // Disable rendering: 86     foreach (Renderer component in rendererComponents) 87     { 88         component.enabled = false; 89     } 90 91     // Disable colliders: 92     foreach (Collider component in colliderComponents) 93     { 94         component.enabled = false; 95     } 96 97     Debug.Log("Trackable " + mTrackableBehaviour.TrackableName + " lost"); 98 } 99 #endregion // PRIVATE_METHODS 100 } 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 </pre>	<pre> 5 public class Move : MonoBehaviour 6 { 7     int k = 0; 8     void Update() 9     { 10         if (Input.touchCount == 1) SetTarget(); 11         if (Input.GetMouseButton(0)) SetTarget(); 12     } 13 14     void SetTarget() 15     { 16         RaycastHit hit; 17 18         if (Physics.Raycast(Camera.main.ScreenPointToRay(Input.mousePosition), out hit)) 19         { 20             if (hit.collider.tag == "123") 21             { 22                 var bus = Instantiate(Resources.Load("bus123")); 23                 k++; 24                 if (k &gt; 1) 25                 { 26                     if (bus) Destroy(bus); 27                 } 28             } 29             if (hit.collider.tag == "322") 30             { 31                 var bus = Instantiate(Resources.Load("bus322")); 32                 k++; 33                 if (k &gt; 1) 34                 { 35                     if (bus) Destroy(bus); 36                 } 37             } 38         } 39     } 40 } 41 42 </pre>
--	--

Рисунок 2 – Скрипт отвечающий за поиск нужного номера

Рисунок 3 – Скрипт на передачу номера по нажатию



Рисунок 4 – Фиксация номера камерой смартфона

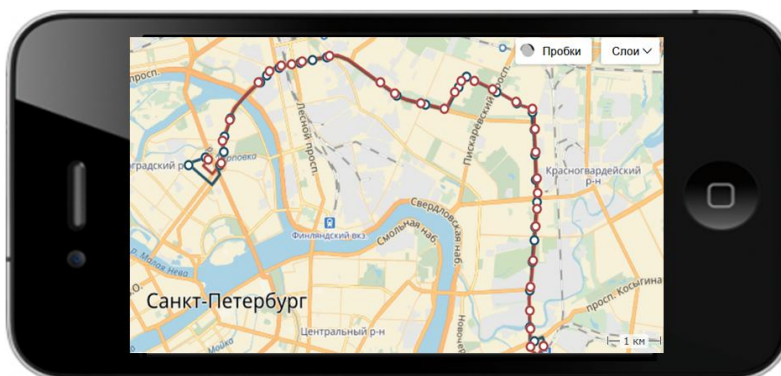


Рисунок 5 – Выдача маршрута пассажирского транспорта

Используя дополненную реальность для маршрутизации, с помощью API Yandex карт, Unity и Vuforia, определение геопозиции и вывод маршрутов общественного транспорта происходит за секунды.

Таким образом, нами была продемонстрирована эффективность применения технологии дополненной реальности в повышении качества обслуживания пассажиров общественного городского транспорта.

Данная технология обладает функциональной общностью и может быть использована в решении широкого класса городских транспортных задач [6].

#### Список литературы

1. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2014. № 1(29). С. 1-13.
2. Селиверстов С.А. О построении интеллектуальной системы организации и развития транспортной системы мегаполиса // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 2-3(217-222). С. 139–161.
3. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Использование систем класса ГАТЛОСЭМИ для упреждения причин возникновения ДТП и неблагоприятных социальных исходов в «умном городе» // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2016. № 1 (236). С. 65-81.
4. Стариченков А.Л. Особенности построения системы городского транспортно-логистического мониторинга // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета ЛЭТИ. 2015. Т. 1. С. 29-36.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО УЧЕТА ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

**Селиверстов Ярослав Александрович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, seliverstov-yr@mail.ru

**Гергель Глеб Юрьевич** – студент, факультет менеджмента и экономики транспортных систем, кафедра математическое программное обеспечение систем управления  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, Glebgergel@yandex.ru

**Селиверстов Святослав Александрович** – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, seliverstov\_s\_a@mail.ru

Аннотация. Разрешается проблема оперативного статистического учета транспортной подвижности городского населения. Рассматриваются процедуры восстановления матриц транспортных корреспонденций и цепочек транспортной активности городского населения в режиме реального времени в привязке к gps данным. Разрабатывается формальная модель мобильной компоненты для распределенной система городского транспортного мониторинга на базе мобильного приложения. Производится построение интерфейса мобильного приложения и программного функционала в среде Xcode 9 на языке Swift 4.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, мобильные приложения для транспорта, матрицы транспортных корреспонденций, цепочки транспортной активности, умный город, транспортное поведение, транспортный мониторинг, оперативная городская транспортная статистика.

## USE OF MOBILE APPLICATIONS TO COLLECT REAL-TIME DATA OF TRAVEL BEHAVIOR AND CONSUMER BEHAVIOR IN THE CITY

**Seliverstov Yaroslav A.** – Ph.D., senior researcher, laboratory of intelligent transport systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, seliverstov-yr@mail.ru

**Gergel Gleb Yu.** – student, Faculty of Management and Economics of Transport Systems, Department of Mathematical Control Systems Software, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saint-Petersburg State University of Civil Aviation

Pilotov str., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, Glebgergel@yandex.ru

**Seliverstov Svyatoslav A.** – Ph.D., researcher, laboratory of intelligent transport systems, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, seliverstov\_s\_a@mail.ru

Abstract. The problem of the operational statistical account of mobility of the urban population is solved. The procedures for recovering transport correspondence matrices and the chain of travel of residents in real time in connection with gps data are considered. A formal model of the mobile component is developed for the distributed urban transport monitoring system based on the

mobile application. The interface of the mobile application and software functionality is developed in the Xcode 9 environment in the Swift 4 language.

**Keywords:** intelligent transport systems, mobile applications for transport, transport correspondence matrices, transport activity chains, smart city, transport behavior, transport monitoring, real-time urban transport statistics.

С ростом мегаполисов подходы организации городских транспортных систем претерпевают значительные изменения. Интенсивное возведение жилой и коммерческой инфраструктуры, перенос предприятий и мест приложения труда изменяют объемы и направления транспортных потоков. Запаздывание с возведением транспортной инфраструктуры приводит к росту дорожно-транспортных происшествий, увеличению времени поездок и ухудшению условий транспортной мобильности городского населения.

Решать, возникающие транспортные и логистические проблемы мегаполисов, призваны интеллектуальные транспортные системы [1-3]. Последние требуют использования в своем составе современных систем непрерывного транспортного мониторинга и оперативного моделирования [4], способного производить анализ структуры транспортных потоков, восстановление и обновление матриц транспортных корреспонденций и цепочек транспортной активности городского населения. Следовательно, передовые системы управления транспортом должны быть тесно увязаны с мобильными потребительскими, информационно-сетевыми и расчетно-денежными системами [4].

**Постановка проблемы.** Таким образом, для оперативного анализа транспортной мобильности населения требуется: 1) информация в режиме реального времени о матрицах корреспонденций и цепочек транспортно-логистической активности городского населения; 2) классификация социальной структуры населения; мест, являющихся целями поездок; и причин, обуславливающих транспортную активность жителей; 3) оценка качества транспортно-логистического обслуживания.

**Основная часть.** Решением для контроля транспортно-логистического поведения населения может стать распределенная система мобильного городского транспортно-логистического мониторинга (РСМГТЛМ) на базе мобильных приложений (рис. 1).

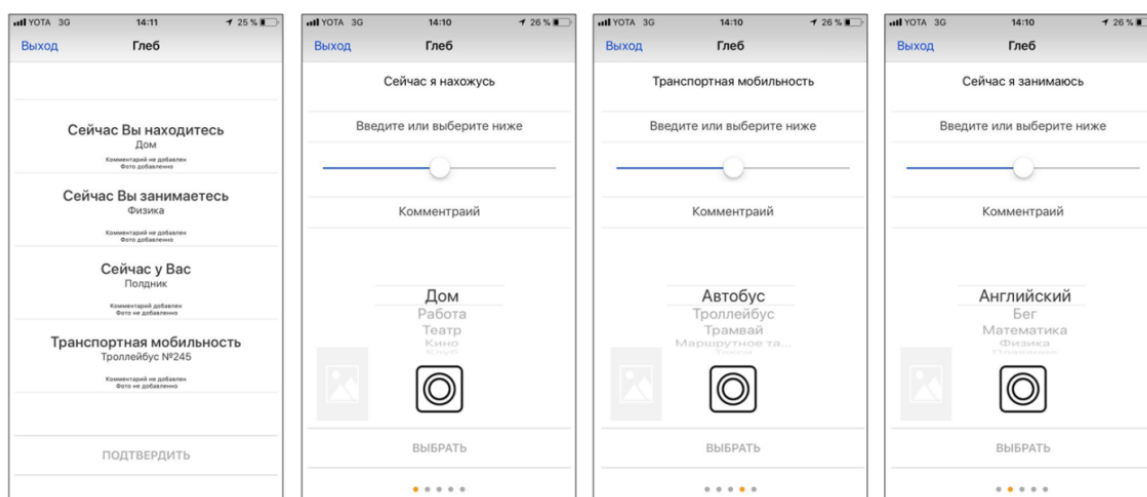


Рисунок 1 – Интерфейс мобильного приложения РСМГТЛМ

Формальную модель  $F^M$  данной системы зададим следующим набором функционалов, согласно (1):

$$F^M = \langle \hat{F}_D; \hat{F}_N; \hat{F}_C; \hat{F}_T; \hat{F}_R \rangle_T \quad (1)$$

где  $\hat{F}_D : H_C \oplus_{f_D} O_S = H_D$  – функционал директивизации, который каждому жителю из множества города  $H_C$  ставит в соответствие директивный элемент РСМГТЛМ  $O_S$  или мобильное устройство сотовой связи и переводит его в множество пользователей  $H_D$ ;

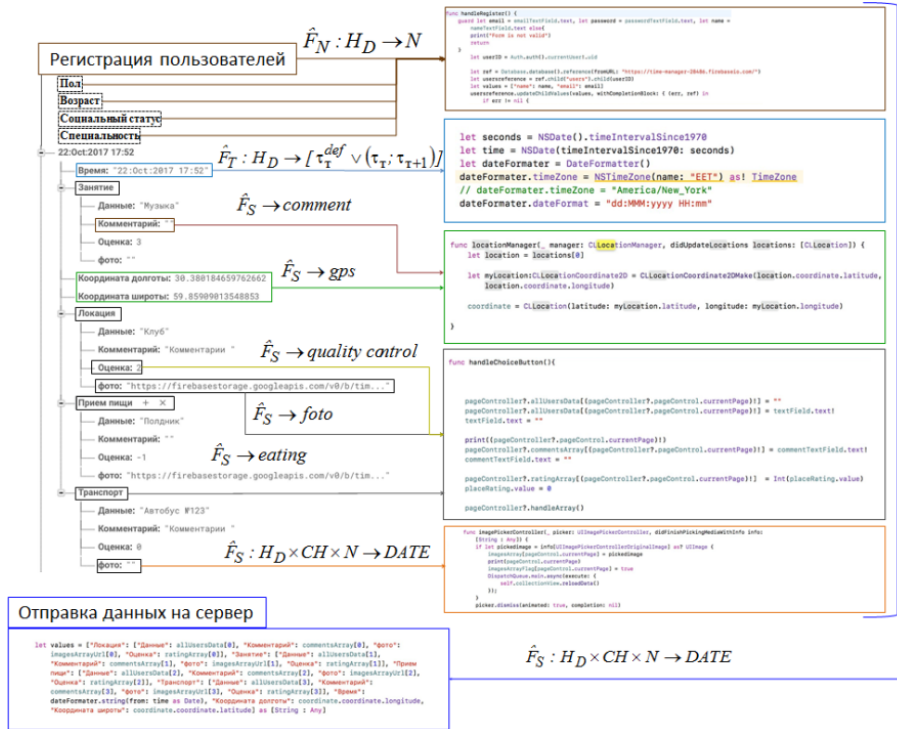


Рисунок 2 – Программно-операторный функционал мобильного приложения

$\hat{F}_N : H_D \rightarrow N$  – функционал идентификации элементного множества  $H_C$ , который каждому объекту из  $\mathcal{E}^T$  ставит в соответствие идентификатор или набор идентификаторов из множества  $N$  (идентификационный номер абонента, уникальный номер мобильного оборудования, и др.);

$\hat{F}_C : H_D \times N \rightarrow CH$  – функционал характеристической параметризации пользователей  $H_D$ , который каждому пользователю из  $H_D$  с уникальным номером из  $N$ , ставит в соответствие, наборы характеристик  $CH$ , присущих данному пользователю, таких что  $CH = \{ch_\pi^{hd}, \pi = 1, \dots, N_\pi\}$  – множество характеристик пользователей  $CH$ , причем  $ch_\pi^{hd}$  задается кортежем  $ch_\pi^{hd} = \langle name, \{value\} \rangle$ , где name – имя  $\pi$ -й характеристики,  $\{value\}$  – значение  $\pi$ -й характеристики из множества характеристик  $\Pi$ ; где  $\Pi = \{\pi_i\} = \{gps; location; work; eating; trip; foto; quality control; comment\}$ ;

$\hat{F}_T : H_D \rightarrow [\tau_T^{def} \vee (\tau_T; \tau_{T+1})]$  – временной оператор, который каждому объекту из  $H_D$  ставит в соответствие определенный момент или интервал времени из множества моментов или интервалов времени  $T$ , на котором задано отношение строгого порядка, т.е.  $\tau_1 < \tau_2, \dots, \tau_T < \tau_{T+1}$ ;  $\tau_T^{def} \in T$  – определенный момент времени;

$\hat{F}_S : H_D \times CH \times N \rightarrow DATE$  – оператор транзакций, который информацию о пользователе из  $H_D$  с идентификатором из  $N$  и характеристиками  $CH$  переводит в данные  $DATE$ .

Тогда, целевая функция субъективной транспортной полезности пользователей  $\Phi^M$ , определяемая их транспортно-логистическим поведением  $B_D$ , будет стремиться к максимуму по мере прироста информации  $DATE$  от системы  $F^M$ , согласно (2):

$$\Phi^M : B_D \times DATE \xrightarrow{F^M} \Phi_{\max}^M \quad (2)$$

Теперь перейдем к процедурам восстановления матриц транспортных корреспонденций и цепочек транспортной активности пользователей.

Процедуру создания матриц корреспонденций  $\rho_{ijh}$ , запишем в виде (3):

$$\rho_{ijh(tr)} = Card(L) \Big|_{t=def} , \quad \left\{ \left\{ x_{lt}^d ; y_{lg}^d \right\} \right\} = \begin{cases} \in L \rightarrow CardL \\ \notin L \rightarrow \emptyset \end{cases} \quad (3)$$

где  $\left\{ \left\{ x_{lt}^d ; y_{lg}^d \right\} \right\}$  – множество gps координат пользователей;  $lt$ (latitude) – широта;  $lg$  (longitude) – долгота;  $i = \{дом\}$  – индекс места зарождения транспортной активности пользователя;  $j = \{работа; кино; театр; и др\}$  – индекс назначения транспортной активности пользователей;  $tr = \{автобус; троллейбус; и др\}$  индекс, используемого в процессе транспортной активности, транспортного средства;  $h$  – индекс пользователя;  $L$  – пространственная область, характеризующая место зарождения транспортного потока;  $Card(L)$  – кардинальное число или мощность множества  $L$ , элементами которого являются пары gps координат пользователей.

С использованием информации от мобильных устройств пользователей производится расчет транспортного потока из места района отправления в места района прибытия в режиме реального времени в границах трилинейной модели [6]. Интеллектуальный анализ транспортного потока осуществляется с учетом демографических и структурных показателей, степени подвижности населения и потребительской активности в привязке к классификаторам Единой системы классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации [5].

Расчет может производиться отдельно для каждого слоя спроса, а значит для каждой пары действий с ее основными группами [6].

Цепочки транспортно-логистической активности [7] пользователей зададутся множеством динамических агентных графов  $B_t(TS)$ , согласно (4)

$$B_t^{h_i}(TS) = \Gamma_t^{h_i} \left( \left( \Gamma_t^{GPS}(V;E) \cup \Gamma_t^L(V;E) \cup \Gamma_t^N(V;E) \cup \Gamma_t^T(V;E) \cup \Gamma_t^{IS}(V;E) \cup \Gamma_t^Q(V;E) \right); T \right), \quad (4)$$

где  $\Gamma_t^{h_i}(\dots; T)$  – граф транспортно-логистической активности пользователя  $h_i$ ;  $\Gamma_t^{GPS}(V;E)$  – граф пространственной активности пользователя  $h_i$ ;  $\Gamma_t^L(V;E)$  – граф локационной активности пользователя  $h_i$ ;  $\Gamma_t^N(V;E)$  – граф потребительской активности пользователя  $h_i$ ;  $\Gamma_t^T(V;E)$  – граф транспортной активности пользователя  $h_i$ ;  $\Gamma_t^{IS}(V;E)$  – граф информационной активности пользователя  $h_i$ ;  $\Gamma_t^Q(V;E)$  – граф субъективной оценки качества объектов ГТС пользователем  $h_i$ .

В прогнозном моделировании в качестве эталонных цепочек дневной транспортной активности для каждого пользователя принимаются наиболее вероятные цепочки на интервале 1 месяц с учетом дня недели.

Программно-алгоритмическая реализация мобильной компоненты РСМГТЛМ производится в среде Xcode 9 на языке Swift 4, а система анализа данных – на Python 3.X.



Рисунок 3 – Интеграция мобильного приложения в РСМГТЛМ

**Вывод.** Таким образом, распределенная система мобильного городского транспортно-логистического мониторинга на базе мобильных приложений разрешает проблему оперативного статистического учета транспортной мобильности населения. Разработанная технология с единых позиций позволит реализовать процесс структурного и функционального анализов транспортной мобильности городского населения в границах принятых систем классификации и устанавливать причинно-следственные закономерности в функционировании городских транспортных систем.

Работа выполнена при поддержке РФФИ № 16-31-00306 в рамках инициативного научного проекта на тему «Построение модели интеллектуального управления городскими транспортными потоками».

#### Список литературы

1. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности. Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 1-13.
2. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ. Информатика и космос. 2016. № 3. С. 8-17.
3. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А., Комашинский В.И., Таранцев А.А., Шаталова Н.В., Григорьев В.А. Интеллектуальные системы предупреждения причин дорожно-транспортных происшествий в мегаполисе // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2017. Т. 2. С. 15-18.
4. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Использование систем класса ГАТЛЮСЭМИ для предупреждения причин возникновения ДТП и неблагоприятных социальных исходов в «умном городе» // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2016. № 1 (236). С. 65-81.

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ SDN В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

*Абдразакова Маржан – младший научный сотрудник  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии*

*наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13*

*2 курс магистратуры, кафедра сетевых и облачных технологий*

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информа-  
ционных технологий, механики и оптики*

*197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49*

*Республика Казахстан*

*Султанали уулу Нурлан – младший научный сотрудник*

*ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии*

*наук*

*199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13*

*2 курс магистратуры, кафедра сетевых и облачных технологий*

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информа-  
ционных технологий, механики и оптики*

*197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49*

*Кыргызская Республика*

*Сериккажиева Раушан – 2 курс магистратуры*

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информа-  
ционных технологий, механики и оптики*

*197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49*

*Республика Казахстан*

*Аннотация. Внедрение технологии программно-конфигурируемых сетей в интеллектуальные транспортные сети может улучшить не только производительность транспортных сетей, но и стать предпосылкой для создания новых приложений для транспортных сетей. Технология SDN позволяет эффективно управлять собранными данными и пересылкой их на сервера в рамках концепции IoT в транспортной системе.*

*Ключевые слова: SDN, OpenFlow, туманные вычисления, облачные вычисления, RSU, Northbound API, Southbound API, REST API.*

## PECULIARITIES OF APPLICATION OF SDN TECHNOLOGY IN THE INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM

*Abdrazakova Marzhan – junior researcher of Laboratory of problems of development of transport systems and technologies of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Master, Department of Network and Cloud Technologies, ITMO University*

*Kronverkskiy prospekt, 49, St. Petersburg, 197101, Russian Federation*

*Respublika Kazakhstan*

*Sultanali uulu Nurlan – junior researcher of Laboratory of problems of development of transport systems and technologies of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Master, Department of Network and Cloud Technologies, ITMO University*

*Kronverkskiy prospekt, 49, St. Petersburg, 197101, Russian Federation*

*Kyrgyz Republic*



***Abstract.** Implementing the technology of software-configurable networks in intelligent transport networks can improve not only the performance of transport networks, but also become a prerequisite for the creation of new applications for transport networks. SDN technology allows you to efficiently manage the collected data and transfer it to the server as part of the IoT concept in the transport system.*

***Keywords:** SDN, OpenFlow, fog computing, cloud computing, RSU, Northbound API, Southbound API, REST API.*

Целью данной работы является исследование применимости SDN технологии в транспортной системе.

Интеллектуальная транспортная система – система, предназначенная для эффективно-го управления транспортной системой региона (города, дороги), конкретным транспортным средством или группой транспортных средств, с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса [1].

Построение интеллектуальной транспортной системы невозможно без наработки и реализации проектных решений по формированию среды связи, учитывающей все виды связевого взаимодействия, от проводных (высокоскоростные оптоволоконные сети), до беспроводных (сотовая, транкинговая связь, радиосвязь, Интернет).

Обеспечение максимальной эффективности функционирования транспортно-дорожного комплекса возможно за счет использования современных информационно-телекоммуникационных технологий.

С появлением беспилотных транспортных средств, умных светофоров, детекторов транспортного движения необходимо обеспечить связь между устройствами сбора данных и их обработки, соответствующая требованиям QoS, например, задержка передачи менее 1 миллисекунды для интеллектуальных транспортных систем. Чтобы соответствовать требованиям QoS 5G технологии мобильной связи, облачные вычисления и технология программно-конфигурируемых сетей могут быть интегрированы в будущие мультимодальные транспортные сети [2].

Технология SDN была предложена как эффективная сетевая технология, способная поддерживать динамический характер функций автомобильной сети и интеллектуальных приложений при одновременном снижении эксплуатационных затрат за счет упрощенных аппаратных средств, программного обеспечения и управления.

Концепция программно-конфигурируемых сетей (SDN) способна решить недостатки традиционных сетей путем отделения функции управления сетью от передачи данных, позволяя снизить вычислительную нагрузку на коммутаторы. Для пересылки пакетов формируются таблицы маршрутизации на контроллере. Таблицы создаются не для отдельных пакетов, а для типа пакетов – потока. Основным элементом концепции SDN является протокол OpenFlow, который обеспечивает взаимодействие контроллера с сетевыми устройствами. Коммутатор OpenFlow состоит из таблиц потоков и безопасного канала, по которому взаимодействует с контроллером [3].

Применение SDN в ИТС может являться связующим звеном для передачи данных с туманных вычислителей в облачные сервера для дальнейшей обработки.

RSU – вычислительное устройство, расположенное на обочине дороги, которое обеспечивает возможность подключения к проезжающим транспортным средствам.

С помощью туманных вычислений как системы можно сделать данные ближе к пользователю, в том числе в географическом смысле. Постоянный оборот информации в мире вынуждает провайдеров создавать все новые технологии их локального хранения и кеширования. «Капли» позволяют разместить данные рядом с пользователем, вместо того чтобы

хранить на значительном географическом отдалении в дата-центре. Это позволяет избежать всевозможных задержек в передаче информации конечному пользователю.

Посредством туманной технологии можно также создать географически плотное распределение вычислений и данных. Туманные вычисления расширяют границы облачных технологий за счет того, что сеть и данные чрезвычайно рассредоточены.

Используя датчики в транспортном средстве, собираются сведения о транспортном средстве (например, скорость, направление и тип транспортного средства) и окружающей среде (например, количество соседних транспортных средств, пользователей в транспортном средстве и дорога под транспортным средством), местоположении транспортных средств, и передаются туманным устройствам (RSU).

Данные с туманных устройств (RSU) передаются на SDN контроллер (рис.1), который дальше отправляет данные в дата-центры. Управление контроллером осуществляется посредством REST API команд по HTTP протоколу. Связь контроллера с приложениями осуществляется с помощью интерфейса Northbound API, с RSU – при помощи Southbound API.

Плоскость управления берет на себя задачу сформировать глобальную карту информации на основе информации данных, пересылаемой из плоскости данных, а затем генерировать управляющую информацию на основе правил и стратегий из плоскости приложения.

Плоскость приложения непосредственно связана с различными требованиями приложений от пользователей и транспортных средств. Основываясь на требованиях приложений от пользователей и транспортных средств правила и стратегии, определяемые транспортными сетями, генерируются плоскостью приложения и передаются в плоскость управления.

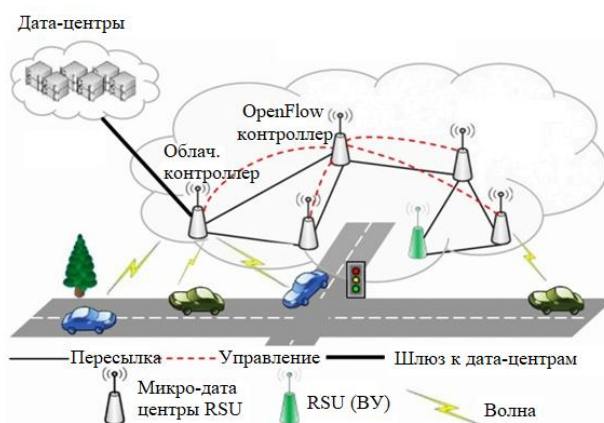


Рисунок 1 – Управление транспортной системой посредством SDN, туманных узлов и облака

В общем случае прикладная плоскость включает в себя модуль службы безопасности, модуль эффективности обслуживания и модуль прикладных задач.

Плоскость данных берет на себя сбор данных, плоскость управления берет на себя ответственность за получение инструкций управления, а плоскость приложения берет на себя ответственность за создание правил и стратегий.

Вывод. Предлагается использовать технологию SDN наряду с туманными и облачными вычислителями для обеспечения соответствия требованиям QoS. Связь между облачными дата-центрами и туманными узлами на дорогах способен взять на себя SDN контроллер, обеспечивающий Northbound интерфейс для управления инфраструктурой приложением, и Southbound интерфейс для управления устройствами в транспортной системе.

#### Список литературы

1. Жанказиев С.В. Интеллектуальные транспортные системы / Учебное пособие. М.: МАДИ. 2017. 20-21 стр.

2. Xiaohu Ge<sup>1</sup>, Senior Member, IEEE, Zipeng Li<sup>1</sup>, Student Member, IEEE, Shikuan Li<sup>1</sup>. 5G Software Defined Vehicular Networks. 2017. Pp 2-3.

3. Абдразакова М.Т. Исследование системы управления правами доступа к микросервисам с использованием OpenFlow SDN. Сборник тезисов КМУ. 2017.

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТЕЙ 5G В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

**Султанали уулу Нурлан** – младший научный сотрудник  
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии  
наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13

2 курс магистратуры, кафедра сетевых и облачных технологий

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информа-  
ционных технологий, механики и оптики

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

Кыргызская Республика

**Абдразакова Маржан** – младший научный сотрудник

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии  
наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13

2 курс магистратуры, кафедра сетевых и облачных технологий

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информа-  
ционных технологий, механики и оптики

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

Республика Казахстан

**Сериккажиева Раушан** – 2 курс магистратуры

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информа-  
ционных технологий, механики и оптики

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49

Республика Казахстан

Аннотация. Внедрение беспроводной технологии 5G в интеллектуальные, мультимо-  
дальные транспортные системы может улучшить производительность и надежность  
транспортных систем. Технология 5G обеспечивает высокую пропускную способность,  
большую доступность широкополосной мобильной связи, поддерживает одновременное  
подключение несколько сот тысяч беспроводных датчиков, на основе чего можем обеспе-  
чить взаимодействие элементов транспортной системы.

Ключевые слова: беспроводная технология 5G, пропускная способность, базовая  
станция, транспортные модули, радиус зоны обслуживания, нормальный закон.

## CALCULATION FEATURES OF 5G NETWORK BANDWIDTH IN INTELLI- GENT MULTIMODAL TRANSPORT SYSTEMS

*Sultanali uulu Nurlan - junior researcher of Laboratory of problems of development of  
transport systems and technologies of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian  
academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Master, Department of Network and Cloud Technologies, ITMO University*

*Kronverkskiy prospekt, 49, St. Petersburg, 197101, Russian Federation*

*Kyrgyz Republic*

*Abdrzakova Marzhan – junior researcher of Laboratory of problems of development of transport systems and technologies of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences*

*12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation*

*Master, Department of Network and Cloud Technologies, ITMO University*

*Kronverkskiy prospekt, 49, St. Petersburg, 197101, Russian Federation*

*Respublika Kazakhstan*

*Serikkazhiyeva Raushan – Master, Institute of Design and Urban Studies, ITMO University*

*Kronverkskiy prospekt, 49, St. Petersburg, 197101, Russian Federation*

*Respublika Kazakhstan*

*Abstract. The introduction of 5G wireless technology into intelligent, multimodal transport systems can improve the performance and reliability of transport systems. Technology 5G provides high bandwidth, greater availability of broadband mobile communications, supports the simultaneous connection of several hundred thousand wireless sensors, on the basis of which we can ensure the interaction of elements of the transport system.*

*Keywords: 5G wireless technology, bandwidth, base station, transport modules, service area radius, normal law.*

Целью данной работы является расчет пропускной способности беспроводной технологии 5G в интеллектуальной мультимодальной транспортной системе.

Интеллектуальная транспортная система – это интеллектуальная система, которая использует различные инновационные разработки для управления транспортными потоками, предоставляет участникам движения большую степень безопасности и осведомленности дорожной ситуацией по сравнению с традиционными транспортными системами

В последнее время все больше и больше берет обороты разработка беспроводной технологии 5G, которая готова удовлетворить растущие требования услуг связи для управления, эксплуатации и обслуживания интеллектуальных транспортных систем.

Транспортные системы имеют важный спрос на коммуникации с очень строгими требованиями пропускной способности и надежности.

Так как технология 5G обеспечивает высокую пропускную способность, большую доступность широкополосной мобильной связи, поддерживает одновременное подключение несколько сот тысяч беспроводных датчиков (IoT), можем обеспечить взаимодействие элементов интеллектуальной транспортной системы (ИТС).

Железнодорожная, автомобильная и другие транспортные системы заинтересованы во внедрении беспроводной технологии 5G для повышения производительности, надежности системы.

Определение радиусов зон обслуживания по модели NATA

Согласно исходным данным, приведенным в таблице 1, рассчитаем радиусы зон обслуживания на всех перечисленных скоростях передачи данных (для условий пригорода и большого города) с использованием модели NATA, адаптированной для применения в диапазоне частот 1.5 – 2.5 ГГц.

Высоты антенн: точки доступа  $h_1 = 50$  м, абонентской станции  $h_2 = 2$  м, Рабочая частота  $f=2500$  МГц.

Зная среднее значение затухания сигнала в дБ, можно рассчитать радиусы зон обслуживания для всех скоростей передачи данных. Для этого используем формулу:

$$d_{KM} = 10^{\frac{L_{XNATA} - 46.33 - 33.9 \lg f_{MHz} + a(h_2) + 13.82 \lg h_1 - C}{44.9 - 6.55 \lg h_1}},$$

где

$$a(h_2) = (1.1lgf_{\text{МГц}} - 0.7)h_2 - (1.56lgf_{\text{МГц}} - 0.8) = 1.5746$$

$$C = \begin{cases} 0, & \text{Для небольших городов и пригородов} \\ 3, & \text{Для крупных городов} \end{cases}$$

Рассчитаем максимально допустимое значение затухания сигнала  $L$  в дБ по данным из таблицы 1.

Расчет произведем для скорости 54 Мбит/с. Для остальных скоростей результаты сведем в таблицу 2.

$$L = -70 - 34 - 23 - 18 = -145 \text{ дБ}$$

Результаты расчета радиусов зон  $d_{\text{км}}$  для разных скоростей передачи данных в условиях небольшого города и пригорода приведены в таблице 3.

При расчете принимаем  $C=0$ ,  $L_{\text{ХНАТА}} = |L|$ .

Для большого города ( $C=0$ ), результаты расчета радиусов зон приведены в таблице 4.

Таблица 1 – Исходные данные

Скорость в канале	Чувствит. приемника пороговая	Мощность передатчика	усиление антенны	
			приемника	передатчика
54 Мбит/с	-70 dBm	23dBm +/-1.5 dBm	34dBm +/-1.5 dBm	18dBm +/-1.5 dBm
48 Мбит/с	-73 dBm			
36 Мбит/с	-78 dBm			
24 Мбит/с	-82 dBm			
18 Мбит/с	-85 dBm			
12 Мбит/с	-87 dBm			
9 Мбит/с	-88 dBm			
6 Мбит/с	-90 dBm			

Таблица 2 – Максимальное допустимое значение затухания для каждого канала

Скорость в канале, Мбит/с	54	48	36	24	18	12	9	6
дБ	- 145	- 148	- 153	- 157	- 160	- 162	- 163	- 165

**Вывод.** Чем меньше скорость в канале, тем больше радиус зоны покрытия. Также можно заметить зависимость радиуса зон покрытия от местности: пригород или крупный город. При одинаковых скоростях в канале радиус покрытия в пригороде больше, чем радиус покрытия в крупном городе.

Таблица 3 – Радиусы зон обслуживания в условиях пригорода

Скорость канала, Мбит/с	$d_{\text{км}}$
54	1,78938895
48	2,19551497
36	3,08737337
24	4,05537813
18	4,97580104
12	5,70274703
9	6,10512636
6	6,99706258

Таблица 4 – Радиусы зон обслуживания в условиях большого города

Скорость канала, Мбит/с	$d_{\text{км}}$
54	1,458388058
48	1,789388948
36	2,516271522
24	3,305214916
18	4,055378133
12	4,647853769
9	4,975801036
6	5,702747029

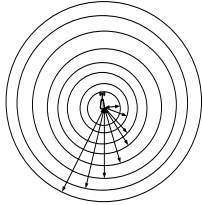


Рисунок 1 – Радиусы для большого города

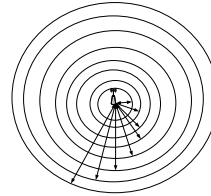


Рисунок 2 – Радиусы для пригорода

## 2. Расчет средних пропускных способностей.

Расчет по равномерному закону. Рассчитаем среднюю пропускную способность базовой станции в условиях большого города, небольшого города и пригорода. При этом принимаем, что транспортные модули на местности распределены по равномерному закону. Тогда средняя пропускная способность БС рассчитывается по формуле:  $\bar{C} = \sum_{i=1}^8 c_i p_i$ , где  $p_i$  - геометрическая вероятность того, что транспортные модули располагаются в  $i$ -ой зоне:

$$p_i = \frac{\pi R_{i+1}^2 - \pi R_i^2}{\pi R_8^2}.$$

Для небольшого города и пригорода значения геометрических вероятностей и средней пропускной способности приведены в таблице 5, а для крупного города приведены в таблице 6.

Таблица 5 – Результаты расчета по равномерному закону в условиях пригорода

$C_i$ , Мбит/с	$p_i$	$C$ средняя, Мбит/с
54	0,0654	<b>19,23656</b>
48	0,033056	
36	0,096236	
24	0,141225	
18	0,169785	
12	0,158556	
9	0,097046	
6	0,238697	

Таблица 6 – Результаты расчета по равномерному закону в условиях большого города

$C_i$ , Мбит/с	$p_i$	$C$ средняя, Мбит/с
54	0,0654	<b>19,22953</b>
48	0,032905	
36	0,096236	
24	0,141225	
18	0,169778	
12	0,158549	
9	0,097046	
6	0,238687	

Расчет по нормальному закону распределения. Теперь предположим, что транспортные модули на местности распределены по нормальному закону. При этом базовая станция располагается в зоне с наибольшей концентрацией транспортных модулей. Вероятность нахождения абонентов в каждой зоне рассчитывается по формулам:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \text{ где } \mu = 0, \sigma = 3, i = 2,3,4 \dots 8$$

Для небольшого города и пригорода значения геометрических вероятностей и средней пропускной способности при нормальном распределении абонентов на местности приведены в таблице 7. Средняя пропускная способность рассчитывается так же, как и при равномерном распределении абонентов (для крупного города приведена в таблице 8).

Расчет по нормальному закону с учетом того, что бс смещена относительно центра зоны с максимальной плотностью абонентов на 4 км. Теперь допустим, что бс смещена относительно центра зоны с максимальной плотностью абонентов на 4 км. Тогда вероятность нахождения абонентов в каждой зоне будет рассчитываться по формулам:

$$P_1 = \frac{2}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_{-d_1}^{d_1} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, P_i = \frac{2}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \left( \int_{-d_i}^{-d_{i-1}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} + \int_{d_{i-1}}^{d_i} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \right), \text{ где } \mu = 0, \sigma = 3, i = 2,3,4 \dots 8$$

Для небольшого города и пригорода значения геометрических вероятностей и средней пропускной способности приведены в таблице 9, для крупного города – в таблице 10.

Таблица 7 – Результаты расчета по нормальному закону в условиях пригорода

$C_i$ , Мбит/с	$p_i$	С средняя, Мбит/с
54	0,449134024	<b>39,4251</b>
48	0,08659872	
36	0,16084606	
24	0,126979559	
18	0,079245284	
12	0,039883294	
9	0,015466423	
6	0,022164569	

Таблица 8 – Результаты расчета по нормальному закону в условиях большого города

$C_i$ , Мбит/с	$p_i$	С средняя, Мбит/с
54	0,373124543	<b>35,1275</b>
48	0,076009481	
36	0,149260389	
24	0,131030129	
18	0,094133822	
12	0,055128314	
9	0,02411697	
6	0,039883294	

Таблица 9 – Результаты расчета по нормальному закону с  $\mu=4$  в условиях пригорода

$C_i$ , Мбит/с	$p_i$	С средняя, Мбит/с
54	0,203784558	<b>24,97356823</b>
48	0,050517228	
36	0,117105491	
24	0,132331408	
18	0,122385735	
12	0,088106465	
9	0,043960656	
6	0,082792828	

Таблица 10 – Результаты расчета по нормальному закону с  $\mu=4$  в условиях города

$C_i$ , Мбит/с	$p_i$	С средняя, Мбит/с
54	0,164020282	<b>20,31846684</b>
48	0,039764276	
36	0,091740691	
24	0,105456615	
18	0,102756821	
12	0,079776516	
9	0,042609219	
6	0,088106465	

**Вывод.** Как видно из расчетов, от правильности расположения БС сильно зависит ее средняя пропускная способность. Максимально эффективное использование пропускной способности БС обеспечивается в случае, если она располагается в зоне с наибольшей плотностью транспортных модулей. Заранее предугадать точки максимально эффективного размещения БС при проектировании сети весьма затруднительно, вследствие чего ресурс сети используется неэффективно. Плотность абонентов на местности зависит от времени суток и изменяется ото дня в день, целесообразно для увеличения эффективности использования ресурсов сети использовать смарт-антенны. Диаграммы направленности таких антенн могут изменяться с течением времени, таким образом, чтобы можно было покрыть те участки сети, где расположено максимальное число транспортных модулей. Это возможно при получении и обработке информации о расположении транспортных модулей, предоставляемой с помощью GPS.

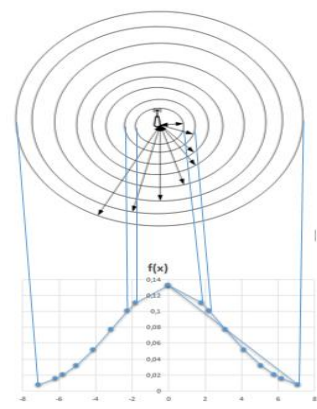


Рисунок 3 – Распределение абонентов по нормальному закону

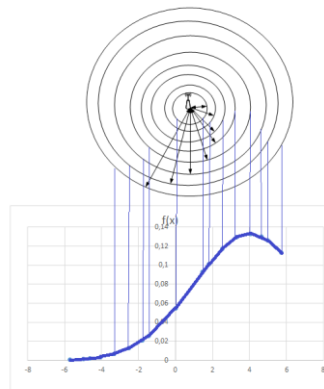


Рисунок 4 – Распределение абонентов по нормальному закону со смещением БС от центра скопления транспортных модулей на 4 км

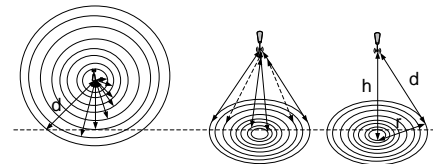


Рисунок 5 – Иллюстрация расположения воздушных БС относительно земли

Таблица 11 – Радиусы покрытия воздушной БС на поверхности земли

Скорость в канале, С	$ L_{LOS} $	d, км	Радиус покрытия на земле при h=0,5 км	Радиус покрытия на земле при h=1 км
54 Мбит/с	112	1,132119579	1,015723752	0,530749225
48 Мбит/с	115	1,476647779	1,389420261	1,086502951
36 Мбит/с	120	2,299241601	2,244217445	2,070389321
24 Мбит/с	124	3,276655345	3,238281991	3,120331754
18 Мбит/с	127	4,273811644	4,244462977	4,155173398
12 Мбит/с	129	5,101976511	5,077417092	5,003015523
9 Мбит/с	130	5,57442393	5,551954804	5,48399509
6 Мбит/с	132	6,654617078	6,635806542	6,579052246

Таблица 12 – Пропускная способность воздушной БС для высот 0,5 и 1 км

Скорость в канале, С	БС при высоте 0,5 км			БС при высоте 1 км		
	г, км	Pi	Сред, Мбит/с	г, км	Pi	Сред, Мбит/с
54 Мбит/с	1,015723752	0,023317731	<b>15,7039</b>	0,530749225	0,006366692	<b>14,7885</b>
48 Мбит/с	1,389420261	0,020313988		1,086502951	0,020313988	
36 Мбит/с	2,244217445	0,070200431		2,070389321	0,070200431	
24 Мбит/с	3,238281991	0,123176611		3,120331754	0,123176611	
18 Мбит/с	4,244462977	0,170165738		4,155173398	0,170165738	
12 Мбит/с	5,077417092	0,175492945		5,003015523	0,175492945	
9 Мбит/с	5,551954804	0,114002246		5,48399509	0,114002246	
6 Мбит/с	6,635806542	0,298558123		6,579052246	0,298558123	

3. Оценка пропускной способности беспроводной сети воздушных бс (на дронах) для высот 0,5 км и 1 км.

Рассчитать дальности зон покрытия в свободном пространстве путем решения уравнение относительно d :  $L_{LOS} = 42.64 + 26lgd_{км} + 20lgf_{МГц}$   $d_{км} \geq 0.02$ .

Используя теорему Пифагора  $d^2 = h^2 + r^2$  рассчитать радиусы наземных зон покрытия БС размещенных на высоте h=500 и h=1000 метров над поверхностью земли (результаты в таблице 11). Рассчитать среднюю пропускную способность воздушной БС при равномерном размещении транспортных модулей на поверхности земли (результаты в таблице 12). Вычисление расстояния между бс mesh сети, в цепочке базовых станций (из 4 станций) при максимальной и минимальной пропускной способности.

Таблица 13 – Радиус покрытия в соответствии со скоростями канала

Скорость канала, Мбит/с	54	48	36	24	18	12	9	6
$d_{км}$	1,458388058	1,789388948	2,516271522	3,305214916	4,055378133	4,647853769	4,975801036	5,702747029

Чтобы обеспечить максимальную ПП (54 Мбит/с), станции должны располагаться не далее, чем в 1,45 км друг от друга, т.е. в первом радиусе. Для того чтобы обеспечить ПП (6 Мбит/с) станции должны располагаться не далее, чем 5,7 км, т.е. в восьмом радиусе.

Вычислим максимальную и минимальную зону обслуживания  $D_{max}=5,7*3=17,1$  км,  $D_{min}=1,45*3=4,35$  км. Можно заметить, что при меньшей скорости в канале, зона покрытия БС больше. Следовательно, для покрытия большей зоны будем использовать скорость 6 Мбит/с.

**Вывод.** Можно определить, что при меньшей скорости в канале, зона покрытия бс порядком больше. Следовательно, для покрытия большей зоны будем использовать скорость 6 мбит/с.

Расчет пропускной способности mesh сети при равномерном распределении нагрузки между зонами обслуживания. Составим систему по приведенной модели, получим:

$$\begin{cases} c_{21} = 2c_1 \\ c_{32} = 2c_2 + 2c_1 \\ c_{43} = 2c_2 + 2c_1 + 2c_3 \\ c_{общ} = 2c_2 + 2c_1 + 2c_3 + 2c_4 \\ c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = x \end{cases}$$



$C_{\text{общ}}=2x+2x+2x+2x=8x=54$  Мбит/с (при  $D_1=D_2=D_3=1,45$  км)

$x=54/8=6,75$  Мбит/с - оптимальное распределение скорости по всей сети.

$C_{\text{общ}}=2x+2x+2x+2x=8x=36$  Мбит/с (при  $D_1=D_2=D_3=2,51$  км)

$x=36/8=4,5$  Мбит/с - оптимальное распределение скорости по всей сети.

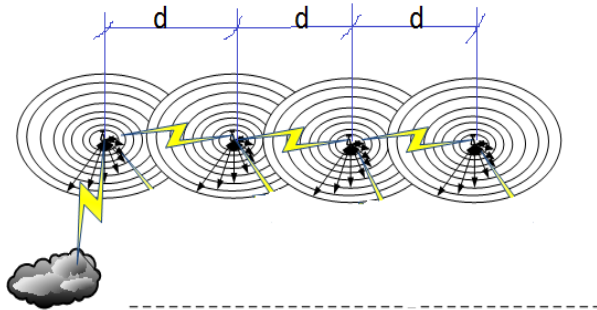


Рисунок 6 – Расположение воздушных БС

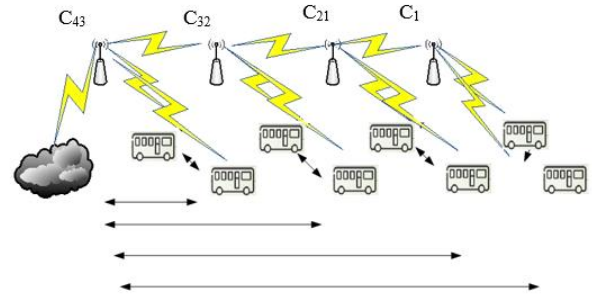


Рисунок 7 – Равномерное распределение нагрузки между БС

#### Список литературы

1. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Афонин П.Н. Системный подход к построению когнитивных транспортных систем и сетей // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2015. № 4. С. 68-73.
2. Комашинский В.И. Основы беспроводной передачи данных. Архитектура и модели. Palmarium Academic Publishing (2014-12-15).
3. 5G Ultra-Reliable Vehicular Communication Erik G. Ström, Petar Popovski, Joachim Sachs

# **«ТРАНСПОРТ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ - 2017»**

Материалы Международной научно-практической конференции

**14-15 НОЯБРЯ 2017 ГОДА**

Составитель сборника Шаталова Н.В.

Научное издание

Печатается в авторской редакции

---

Подписано в печать 15.12.2017

Заказ №

Формат

Печать цифровая

Объем

Тираж 150 экз.

---

Отпечатано в полиграфическом центре типографического комплекса  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.