

**Федеральное агентство научных организаций (ФАНО России)**

**Отделение нанотехнологий и информационных технологий  
Российской академии наук**

**Министерство транспорта Российской Федерации**

**ОАО «Российские железные дороги»**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

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

**«ТРАНСПОРТ РОССИИ:  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ -  
2016»**

**29-30 НОЯБРЯ 2016 ГОДА**

**МАТЕРИАЛЫ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**ТОМ 1**

Санкт-Петербург – 2016

Представлены труды научных работников, выступления которых проходили в рамках ежегодной Международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ – 2016», проводимой в Санкт-Петербурге на базе Института проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук и Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Сборник содержит материалы статей и выступлений, посвященных многочисленным проблемам в транспортном комплексе и путям их решения.

**С65 Транспорт России: проблемы и перспективы - 2016.** Материалы Международной научно-практической конференции. 29-30 ноября 2016 г. СПб.: ИПТ РАН. – Санкт-Петербург, 2016. Том 1. 395 с.

ISBN 978-5-9908209-9-9

ВБК 39

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| <b>Малыгин И. Г., Асаул А. Н., Комашинский В. И.</b><br>ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ<br>СИСТЕМА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....  | 8  |
| <b>Асаул М. А.</b><br>ТРАНСПОРТНАЯ ПОЛИТИКА ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ЕАЭС ДОЛЖНА<br>БЫТЬ НАПРАВЛЕНА НА ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ<br>МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ.....                              | 15 |
| <b>Артамонов В. С.</b><br>УПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ<br>РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....  | 20 |
| <b>Муслиенко Т. В., Лукин В. Н.</b><br>ТРАНСПОРТНАЯ ГЕОПОЛИТИКА: АРКТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ.....  | 28 |
| <b>Аксёнкин В. И., Золотарёв М. Л., Краснов В. С.</b><br>СОВРЕМЕННОЕ ОБОРОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ<br>РОССИИ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ .....  | 32 |
| <b>Киселенко А. Н., Малащук П. А., Сундуков Е. Ю., Фомина И. В.</b><br>АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ<br>СИСТЕМЫ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АРКТИКИ.....   | 36 |
| <b>Пучков В. Н.</b><br>РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПОРТОВ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ И ИХ<br>ВЛИЯНИЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОСТИ МОРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В<br>ИНТЕРЕСАХ ВС РФ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ..... | 42 |
| <b>Черных А. К.</b><br>О ПОДХОДЕ К ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЛИКВИДАЦИЕЙ<br>ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ТРАНСПОРТЕ.....   | 46 |
| <b>Соколов Б. В., Юсупов Р. М.</b><br>ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ<br>ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-<br>ЛОГИСТИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ.....                             | 53 |
| <b>Дрецинский В. А. Ласточкин Н. Н.</b><br>ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В<br>АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.....   | 57 |
| <b>Кожухов Ю. В., Легошин А. Д., Лукин В. Н.</b><br>ТРАНСПОРТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ<br>ФЕДЕРАЦИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....   | 62 |
| <b>Каминский В. Ю., Долгова М. А.</b><br>ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА ДЛЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ<br>РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....  | 66 |
| <b>Фомина И. В., Шевелёва А. А.</b><br>КРИТЕРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ПРИ<br>ФОРМИРОВАНИИ ОПОРНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ЕВРОПЕЙСКОГО<br>И ПРИУРАЛЬСКОГО СЕВЕРА РОССИИ.....                   | 78 |
| <b>Скороходов Д. А.</b><br>ВЫБОР ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ<br>ДВИЖЕНИЕМ СУДНА.....  | 82 |
| <b>Ларин О. Н., Тарасов Д. Э.</b><br>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТРАНСПОРТНО-<br>ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА.....   | 89 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Исаков В. Г., Дягелев М. Ю.</b><br>ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ...   | 94  |
| <b>Носков С. И., Протопопов В. А.</b><br>МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ УЯЗВИМОСТИ ОБЪЕКТОВ<br>ТРАНСПОРТА.....   | 98  |
| <b>Аксёнкин В. И., Золотарёв М. Л., Краснов В. С.</b><br>ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖ-<br>НОГО ТРАНСПОРТА НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА.....  | 102 |
| <b>Цыганов В. В., Савушкин С. А., Лемешкова А. В.</b><br>МЕТОДИКА КАТАЛОГИЗАЦИИ, СТАНДАРТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ УСЛУГ<br>ХОЛДИНГА ОАО «РЖД» .....   | 107 |
| <b>Савушкин С. А.</b><br>ОРГАНИЗАЦИЯ КАТАЛОГА УСЛУГ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ.....   | 111 |
| <b>Трудов О. Г.</b><br>МОДЕЛЬ МОДИФИКАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ<br>ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СЛОЖНЫХ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ<br>ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....  | 116 |
| <b>Трудов О.Г.</b><br>МОДЕЛЬ ДИРЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-ФИНАНСОВОЙ<br>СТРАТЕГИЕЙ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА<br>ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....  | 122 |
| <b>Целикова Т. В.</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СЛЕДЯЩИХ ИНСТРУКЦИЙ В СИСТЕМАХ<br>ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....  | 129 |
| <b>Целикова Т. В.</b><br>ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВЫЕ МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ<br>ВЕРОЯТНОСТНОГО УЩЕРБА ОТ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ<br>ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....  | 133 |
| <b>Куприн Г. Н.</b><br>НОРМЫ «ОПАСНОЙ» БЕЗОПАСНОСТИ.....   | 137 |
| <b>Новиков С. С., Ашин В. В.</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ<br>ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ ПРИ<br>ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА<br>ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТА ..... | 142 |
| <b>Еналеев А. К.</b><br>МОДЕЛЬ СОГЛАСОВАНИЯ ГРАНИЦ ПОЛИГОНОВ УПРАВЛЕНИЯ<br>ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ.....  | 147 |
| <b>Завальнюк С. И., Рыбицкий М. В.</b><br>АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ<br>ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ.....  | 152 |
| <b>Пилявец О. Г.</b><br>РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО<br>ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА.....   | 157 |
| <b>Яшин М. Г.</b><br>ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ<br>СИСТЕМ.....  | 162 |
| <b>Лукомская О. Ю.</b><br>О ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ<br>ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ.....   | 165 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Пантелеев Р. А.</b><br>ТРЕБОВАНИЯ К СТРУКТУРЕ И СОСТАВУ УНИФИЦИРОВАННОГО<br>ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ<br>АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ .....   | 170 |
| <b>Маринов М.Л., Соболевский А., Шаталова Н.В.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ<br>БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ.....   | 175 |
| <b>Минкин Д. Ю., Власова Т. В.</b><br>ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ<br>ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ.....  | 182 |
| <b>Маринов М. Л.</b><br>КАТЕГОРИЯ «ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР» КАК ОБЪЕКТ ИЗУЧЕНИЯ<br>РАЗЛИЧНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ НАУКИ .....  | 185 |
| <b>Селиверстов С. А, Селиверстов Я. А., Лукомская О. Ю., Кураков А. В.</b><br>ОБЗОР ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ<br>СИСТЕМ.....   | 193 |
| <b>Мирфатуллаев М. М.</b><br>ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....  | 201 |
| <b>Ложкина О. В., Ложкин В. Н., Бесков М. С.</b><br>ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ОПАСНЫМИ ПОЛЛЮТАНТАМИ,<br>ВЫДЕЛЯЮЩИМИСЯ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ ДВИГАТЕЛЕЙ<br>АВТОМОБИЛЕЙ И РЕЧНЫХ СУДОВ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА) ..... | 204 |
| <b>Богданов А. В.</b><br>ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИЛ И СРЕДСТВ МЧС РОССИИ ПРИ<br>ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ МУЗЕЙНЫХ ЦЕННОСТЕЙ .....   | 208 |
| <b>Селиверстов С. А., Селиверстов Я. А.</b><br>РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО<br>ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.....  | 211 |
| <b>Захаров В. В., Мугайских А. В.</b><br>О ЗАДАЧЕ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА С УЧЁТОМ ТРАФИКА.....   | 218 |
| <b>Широколобова А. П.</b><br>ДВОЙСТВЕННАЯ ЗАДАЧА К РАВНОВЕСНОМУ РАСПРЕДЕЛЕНИЮ<br>ПОТОКОВ НА ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ТОПОЛОГИИ.....  | 223 |
| <b>Ищенко А. Д., Шурыгин М. А.</b><br>ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ<br>МАРШРУТА СЛЕДОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО<br>КОМПЛЕКСА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРЕНИРОВОК ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ                   | 227 |
| <b>Королева Л. А., Изотов С. С., Свидзинская Г. Б.</b><br>ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОРСКИХ ПЕРЕВОЗОК<br>СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА .....   | 230 |
| <b>Иванов К. С., Широухов А. В.</b><br>МЕТОДИКА СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ УЗЛОВ И<br>АГРЕГАТОВ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ОТ<br>ДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕГРУЗОК.....   | 234 |
| <b>Бельшина Ю. Н., Щенков А. Д.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ГАБАРИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ<br>АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ОЧАГА И ПРИЧИНЫ ПОЖАРА.....  | 238 |
| <b>Зыбина О. А., Устинов А. А., Гавахунова Р. А., Полякова В. И.</b><br>СОЗДАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ИНТУМЕСЦЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ<br>ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....                                   | 242 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Антюхов В. И., Остудин Н. В.</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В<br>ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ<br>МЧС РОССИИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ТРАНСПОРТЕ.....          | 246 |
| <b>Ивахнюк Г. К., Мифтахутдинова А. А.</b><br>ДИСПЕРГИРОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ В СИСТЕМЕ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮ-<br>ЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ<br>БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ..... | 250 |
| <b>Шаталова Н. В., Фахми Ш. С., Алексеенко Я. В., Ермаков Е. П.</b><br>ВИДЕОСИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ.....   | 252 |
| <b>Иванов А. В., Торопов Д. П.</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ ОГНЕТУШАЩИХ СОСТАВОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ<br>НАНОРАЗМЕРНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПОЖАРОТУШЕНИЯ<br>НА ТРАНСПОРТЕ.....   | 260 |
| <b>Бабииков И. А., Рушклина К. С., Тимофеева Е. В., Абрамов А. В.</b><br>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ<br>ИНФРАСТРУКТУРЫ СПРИНКЛЕРНЫМИ УСТАНОВКАМИ<br>ПОЖАРОТУШЕНИЯ.....                 | 263 |
| <b>Круглеевский В. Н., Стариченков А. Л., Образцов И. В.</b><br>СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ<br>СИГНАЛИЗАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ<br>ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ .....                    | 267 |
| <b>Танклевский Л. Т., Аракчеев А. В., Квашина Д. О.</b><br>НОВЫЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЧЕСКОМУ ПОЖАРОТУШЕНИЮ<br>МЕХАНИЗИРОВАННЫХ МНОГОЯРУСНЫХ АВТОСТОЯНОК.....  | 270 |
| <b>Воднев С. А.</b><br>ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ<br>ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ<br>ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....  | 274 |
| <b>Сытдыков М. Р.</b><br>АНАЛИЗ УРОВНЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ И МЕЖВИДОВОЙ УНИФИКАЦИИ<br>ОСНОВНЫХ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ.....  | 278 |
| <b>Бондар А. И., Вислогузов В. В., Марасанова К. Н.</b><br>ЗНАЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАР-<br>НОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ.....   | 280 |
| <b>Шидловский А. Л., Сидоренко Е. А.</b><br>ЗНАЧЕНИЕ ПОЖАРНОГО ПРОЕЗДА ДЛЯ УЧРЕЖДЕНИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ<br>В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....  | 283 |
| <b>Таранцев А. А., Сморгыго В. В., Дорожкин А. С.</b><br>ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВУЧИХ АВТОСТОЯНОК...   | 286 |
| <b>Печурин А. А., Марченко М. А., Брусянин Д. В.</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ<br>ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ.....  | 289 |
| <b>Шидловский Г. Л., Боева А. А.</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ<br>ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ШУМОИЗОЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК<br>ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА.....                                     | 293 |
| <b>Бардулин Е. Н., Марченко М. А., Приймак В. В.</b><br>ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ОСНОВНЫХ<br>АГРЕГАТОВ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ<br>В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР.....           | 295 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Моторыгин Ю. Д., Смирнов А. С., Уманец Д. М.</b><br>ЧАСТОТНАЯ ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ<br>СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПУАССОНА...   | 301 |
| <b>Аксёнкин В. И., Ручкин А. А.</b><br>ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА СОПРЯЖЕНИЯ АВТОДОРОЖНОГО<br>РАЗБОРНОГО И НАПЛАВНОГО УЧАСТКОВ КОМБИНИРОВАННОГО МОСТА...  | 305 |
| <b>Иванов С. М., Лубенников Ю. Г., Аксёнкин В. И.</b><br>ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ДОСТАВКИ<br>БОЕПРИПАСОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ.....  | 308 |
| <b>Фискевич А. С.</b><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ВОИНСКИХ<br>ГРУЗОВ - ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ<br>ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ.....  | 312 |
| <b>Синецук Ю. И., Конопак А. Е., Левчунец И. В.</b><br>ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕР И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ<br>В МНОГОУРОВНЕВОЙ НАВИГАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННОЙ<br>СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ МЧС РОССИИ ..... | 316 |
| <b>Таранцев А. А., Лосев М. А., Кураков А. В.</b><br>О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗГОННОГО БЛОКА С КОНТЕЙНЕРОМ<br>ДЛЯ ЭКСТРЕННОЙ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ.....   | 321 |
| <b>Мирошник А. А.</b><br>ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОЙСК<br>МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ.....   | 324 |
| <b>Крылатов А. Ю., Бикташева А. М.</b><br>ЧАСТОТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ<br>КОНТЕЙНЕРОВ ПО МОРСКИМ ПУТЯМ.....  | 329 |
| <b>Тюленев К. Г.</b><br>СИСТЕМНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНФРАСТРУКТУРОЙ КОНТЕЙНЕРНЫХ<br>ПЕРЕВОЗОК.....   | 332 |
| <b>Трофимец Е. Н., Морозова Е. Ю.</b><br>КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ КОММИВОВАЖЕРА<br>В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ.....  | 334 |
| <b>Селиверстов Я. А., Селиверстов С. А.</b><br>СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРЕЖДЕНИЯ ПРИЧИН<br>ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ<br>ПРОИСШЕСТВИЙ В МЕГАПОЛИСЕ.....                                      | 338 |
| <b>Бобрик П. П.</b><br>МЕРИДИОНАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ КОРИДОР ЕВРАЗИИ.....   | 344 |
| <b>Крылатов А. Ю., Каменская Е. А.</b><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....   | 348 |
| <b>Борисов А. Н.</b><br>РЕАЛИЗАЦИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ<br>ТРАНСПОРТНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА В ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ<br>ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ.....  | 351 |
| <b>Шаталова Н. В.</b><br>ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ РОССИИ. ТРАНСПОРТНЫЙ АСПЕКТ.....   | 354 |
| <b>Бордученко Ю. Л.</b><br>АТОМНЫЙ ЛЕДОКОЛЬНЫЙ ФЛОТ РОССИИ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА<br>ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....   | 360 |

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

*Асаул Анатолий Николаевич – доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заслуженный строитель России, главный научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук, профессор ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет*

*Комашинский Владимир Ильич – доктор технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

Аннотация. Рассматривается задача разработки и развития интеллектуальной мультимодальной транспортной системы, способной обеспечить повышение безопасности граждан, общества и государства, защиту их интересов от различных видов угроз. Дается описание ее архитектуры, обеспечивающей реализацию основных функциональных элементов; стереологической модели телекоммуникационной подсистемы автотранспортной моды (как части интеллектуальной транспортной системы). Подробно описывается архитектура реализации дорожной подсистемы управления интеллектуальной мультимодальной транспортной системы. Ее построение и применение способны повысить функциональную эффективность, общее качество обслуживания, уровень обеспечиваемой безопасности и экологичности функционирования российской и международной транспортных систем.

Ключевые слова: безопасность, транспортные средства, транспортная инфраструктура, информационно-телекоммуникационная система, интеллектуальная мультимодальная транспортная система.

## INTELLECTUAL MULTIMODAL TRANSPORT SYSTEM RUSSIAN FEDERATION

*Malygin Igor G. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*Asaul Anatolii N. – Doctor of Economic Sciences, Professor, Honored worker of Science of the Russian Federation, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Science, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering*

*Komashinskiy Vladimir I. – Doctor of Technical Sciences, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

Abstract. We consider the problem of design and development of intelligent multimodal transport system capable of improving the safety of citizens, society and state, protection of their interests from the various types of threats. A description of its architecture, ensuring the implementation of the main functional elements; stereological model telecommunications subsystem trucking fashion (as part of the Intelligent Transportation System). It described in detail the implementation architecture of the road subsystem intellectual multimodal transport system management. Its construction and use can improve the functional efficiency of the overall quality of service, the level of safety and environmental protection afforded by the functioning of the Russian and international transport systems.

*Keywords: security, vehicles, transport infrastructure, information and telecommunication systems, intelligent multi-modal transport system.*

Под транспортной безопасностью Российской Федерации понимается «состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства» (Федеральный закон «О транспортной безопасности» ФЗ-16 от 09.02.2007 г.). Система обеспечения безопасности на транспорте рассматривается как совокупность функциональных подсистем [1,2]:

- предупреждения опасности всех видов, противодействия и пресечения преступлений, включая терроризм;
- предупреждения чрезвычайных происшествий природного и техногенного характера;
- недопущения либо минимизации материального и морального ущерба от преступлений и чрезвычайных происшествий;
- обеспечения экологической безопасности перевозок и экологической устойчивости транспортной системы;
- реализации целей национальной безопасности в *транспортном комплексе* в целом.

Важнейшим функциональным элементом транспортной инфраструктуры России является также ее информационно-телекоммуникационная система, обеспечивающая навигационное, информационное, телекоммуникационное обеспечение, управление движением и безопасность транспортных средств. Быстрое распространение технологий разработки, построения и развития автоматизированных, интеллектуализированных и автономных транспортных средств и инфраструктур различной модальности (автотранспортной, железнодорожной, морской, авиационной) и их комплексного (мультимодального) использования, объясняет потребность в конвергенции разнородных инфраструктур, целесообразности их разработки на основе интеллектуальных информационно-телекоммуникационных платформ [4].

Предлагаемый авторами проект интеллектуальной мультимодальной транспортной системы (ИМТС) – новый вид информационно-телекоммуникационной системы, позволяющий обеспечивать эффективный контроль и управление (технологическое и административное) внутримодальными и мультимодальными транспортными потоками.

В состав ИМТС входят модальные сети доступа и интегрированная магистральная инфокоммуникационная сеть, конверсированные (посредством интерфейсов, драйверов и программного обеспечения (ПО)) с различными элементами транспортной инфраструктуры. При разработке ИМТС обязательно должно быть учтено:

- мобильность станций (входящих в состав транспортных средств), что позволяет быстро изменять сетевую топологию (стереологию в авиатранспортной моде);
- необходимость поддержки широкого спектра телекоммуникационных технологий и различных видов прикладных процессов (мультисервисность), включая глобальную применимость сетевых элементов приоритетности обслуживания пользователей и выполнения прикладных процессов (с учетом выполнения правил и требований безопасности и тарификации услуг в каждой транспортной моде);
- динамический и гибкий учет требований пользователей (скорости передачи и вероятностно временных характеристик, задаваемых приложениями); надежность, доступность, конфиденциальность и безопасность инфокоммуникационных процессов и модульности построения технических средств и узлов подсетей.

При разработке ИМТС важно учитывать, что транспорт – это критически важная технология в России, поэтому транспортная инфраструктура относится к числу наибо-

лее критически важных инфраструктурных объектов и в РФ, и в странах Евразийского экономического союза [5]. Кроме того, важно учитывать:

- динамику изменения возможных угроз на транспорте, которые имеют тенденцию к увеличению в результате возрастания транспортных перевозок опасных грузов (ядерного оружия, нефти, химически опасных веществ, радиационных материалов, отходов атомной промышленности к месту захоронения);
- высокую степень изношенности и аварийности объектов транспортного комплекса;
- возрастание интенсивности движения транспорта по мере развития экономики страны, освоения новых территорий, налаживания работы международных транспортных коридоров;
- рост дорожно-транспортной аварийности, являющейся одной из серьезнейших социально-экономических проблем (ущерб от которой, по экспертным оценкам, составляет в мире 4-5% от валового национального продукта, а число погибших и раненных достигает 1,5 млн. человек в год);
- факты совершенствования методов и способов противоправной деятельности преступных формирований (в первую очередь террористических организаций) по отношению к транспортному комплексу, усилением опасной тенденции к объединению и координации их деятельности, в том числе и на межгосударственном уровнях.

Стратифицированное описание архитектуры проекта ИМТС в РФ отражает ее основные функциональные элементы [6-8] (детализированное представление архитектурных подсистем и их функций отражено на рис. 1).

Первый нижний уровень отражает функциональность телекоммуникационного стека протоколов OSI: модальные сети доступа (проводного и беспроводного) и интегрированную магистральную сеть.

Второй уровень (страта данных) отражает функциональность общего пространства данных, состоящих из контекстных модальных данных и данных, необходимых для поддержки контроля и управления мультимодальными перевозками.

Третий – информационный уровень (информационная страта) отражает функциональность преобразования больших данных в контекстную информацию, отражающую текущее состояние модальных и трансмодальных транспортных объектов и инфраструктур.

Четвертый уровень поддерживает функции формирования контекстных знаний из временной последовательности контекстной информации по запросам прикладных процессов (обеспечивает предоставление знаний по запросам).

Шестой слой содержит прикладные процессы (модальные и трансмодальные), которые могут использовать данные, информацию и знания благодаря прямым и кросс-слоевым интерфейсам.

Плоскость управления (рис. 1) обеспечивает согласованное управление всеми слоями функциональной архитектуры, а также межслоевое взаимодействие. Плоскость безопасности обеспечивает защиту процессов протекающих на каждом слое от случайных и преднамеренных негативных воздействий.

Общая (стереологическая (трехмерная)) модель телекоммуникационной части автотранспортной моды ИМТС (автотранспортная ИТС) содержит следующие подсистемы: GPS/GLONASS, обеспечивающая навигационные услуги (для всех видов транспорта); спутниковой связи; радио и телевидения; сотовой связи (2-4 поколений); дорожной связи (связи управления движением и др.) и обеспечивает прозрачное взаимодействие управляющей, персональной (абонентской), автомобильной и дорожной подсистем.

Персональная (абонентская) подсистема автотранспортной ИТС является универсальной (поддерживает технологические и общесетевые приложения пользователя

автотранспорта) и разрабатывается на платформах разнородных персональных устройств (так называемых «гаджетов»).

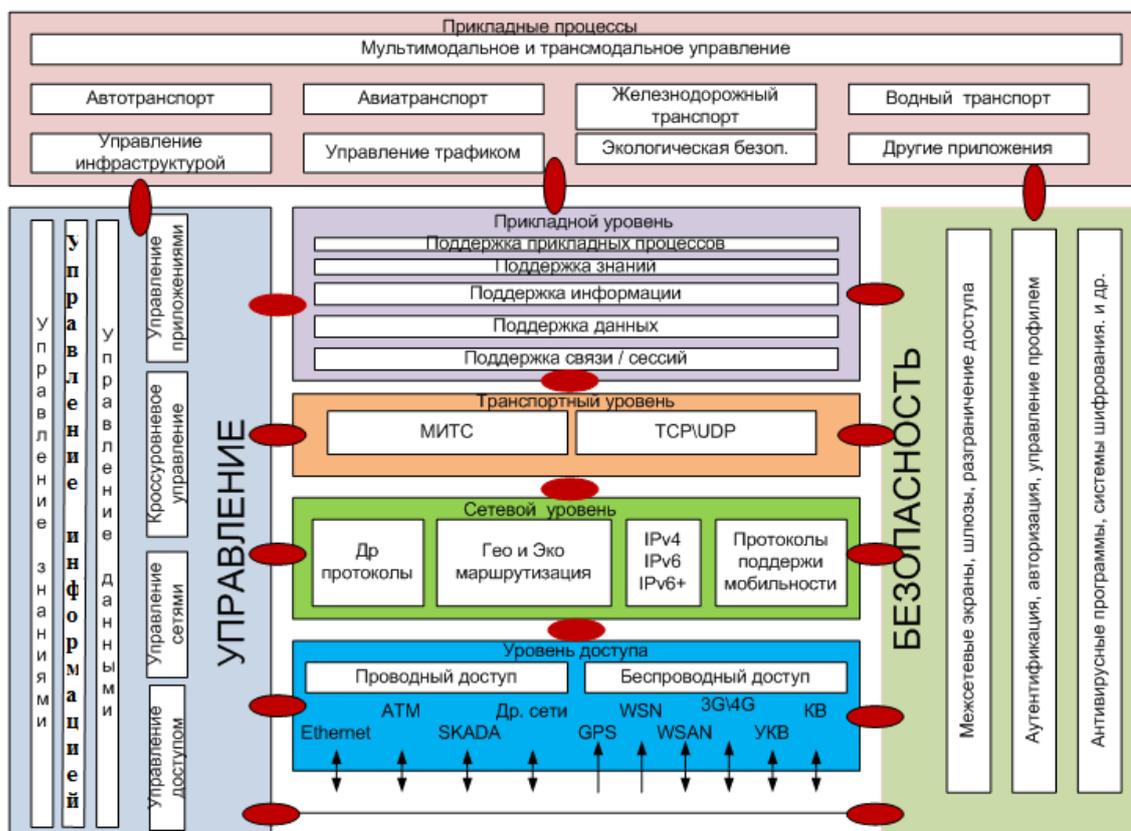


Рисунок 1 – Детализированное представление архитектурных подсистем ИМТС

Персональная абонентская подсистема пешехода обеспечивает его взаимодействие с инфраструктурой автодорог (получение через беспроводные базовые станции знаний о расписании движения и оптимальных мультимодальных маршрутах) и с движущимися транспортными средствами (может обеспечить экстренное торможение транспортных средств в экстренных ситуациях путем взаимодействия через сеть M2P – «человек – машина»).

Персональная абонентская подсистема водителя транспортного средства обеспечивает его взаимодействие с различными системами автомобиля посредством его встроенных беспроводных сетей передачи данных.

Архитектура управляющей подсистемы автотранспортной ИТС представлена на рис. 2 и обеспечивает:

- контроль, взаимодействие и управление персональной, автомобильной и дорожной подсистемами через проводные и беспроводные подсистемы доступа;
- взаимодействие через магистральную сеть и сети доступа с ИТС других транспортных мод;
- предоставление данных, информации и знаний о своих подсистемах Центральной управляющей станции ИМТС и обеспечивает выполнение задач по поддержке мультимодальных транспортных услуг (в том числе - контроль и управление автомобилем);
- взаимодействие с другими автомобилями в интересах бесконфликтного и безопасного движения;
- взаимодействие с абонентской и дорожной подсистемами ИТС;

- предоставляет (по запросу) данные, информацию и знания о транспортном средстве;
- обеспечивает оповещение аварийных и медицинских служб в случае возникновения чрезвычайных ситуаций на дороге [9-12].

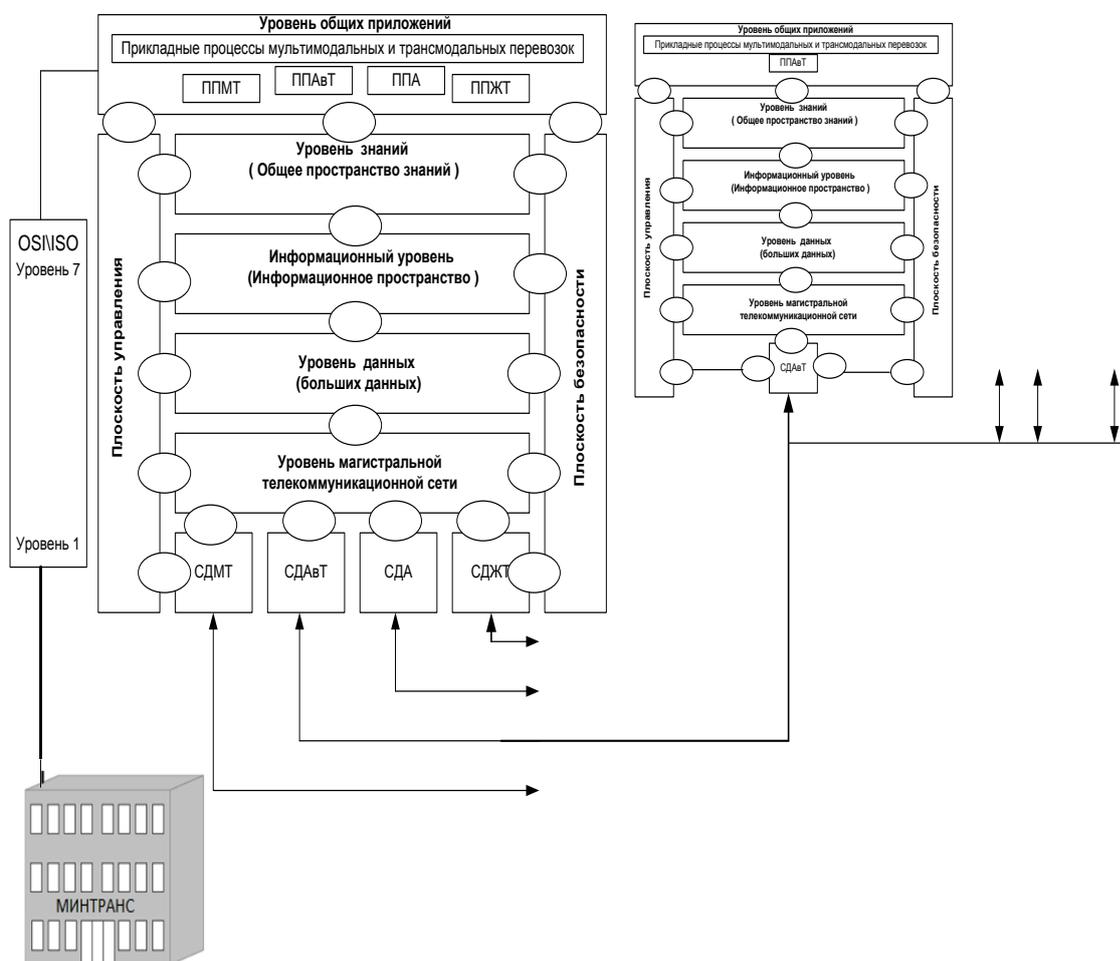


Рисунок 2 – Архитектура управляющей подсистема автотранспортной ИТС

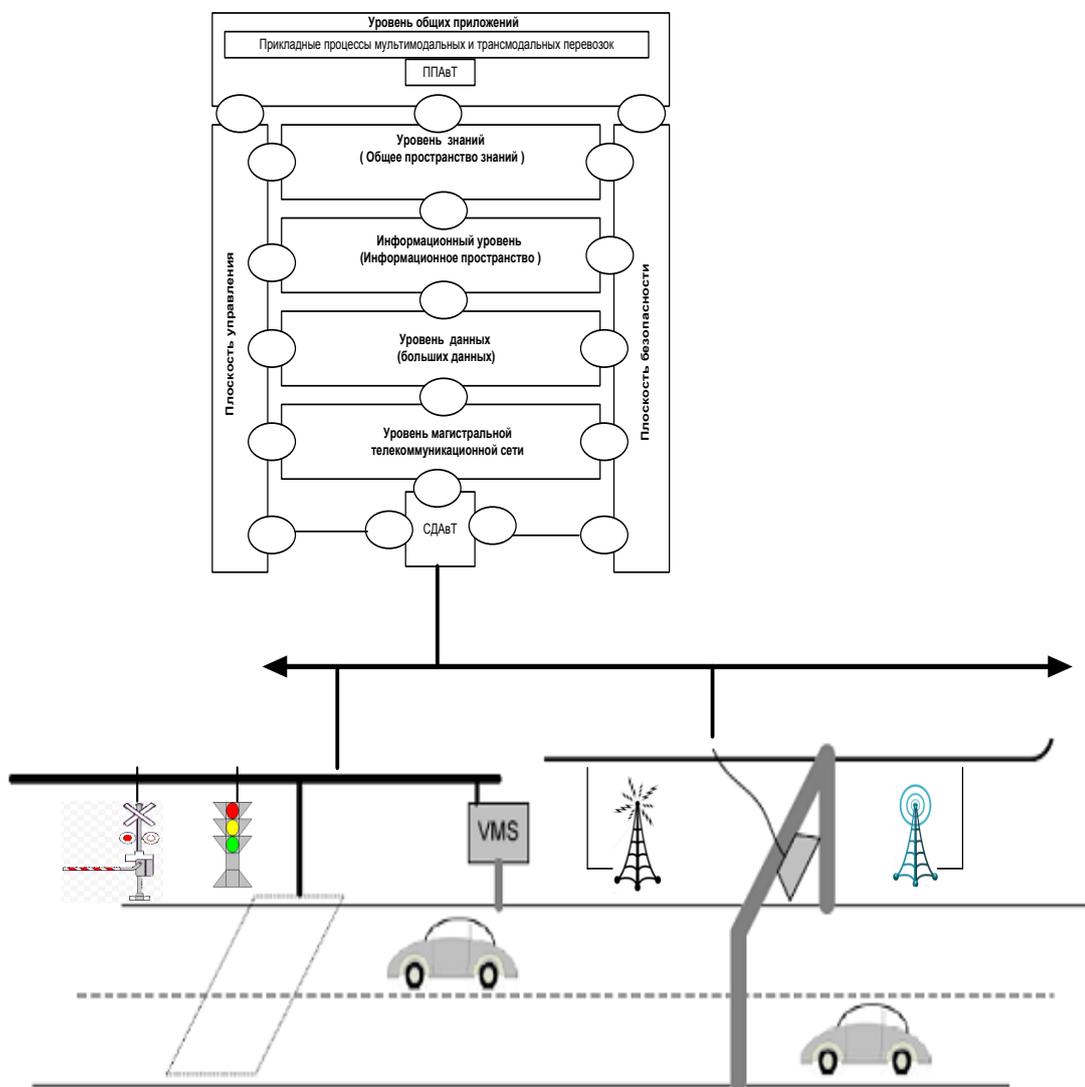
Архитектура дорожной подсистемы [13,14] автотранспортной ИТС представлена на рис. 3 и обеспечивает:

- контроль состояния и управление дорожной инфраструктурой (светофорами, содержанием электронных информирующих знаков и табло, камерами наблюдения и фиксации правонарушений, и т.д.) и предоставляет телематические услуги автомобильной подсистеме, а также информационные услуги водителям транспортных средств;
- предоставляет данные, информацию и знания о своих элементах (устройствах) другим подсистемам и участвует в выполнении задач по обеспечению мультимодальных транспортных услуг.

Транспортные шлюзы ИМТС обеспечивают контроль безопасности и выполнения транзитных функций между смежными транспортными модами на основе:

- контроля и управления выгрузкой (между модами);
- проверку целостности грузов и их складирование (при необходимости);
- переформатирование и переупаковку грузов;

- маркировку, учет, переагрузку и доставку грузов в пункты назначения (в следующей моде) и др.;
- контроль и управление погрузкой грузов.



*Рисунок 3 – Архитектура дорожной подсистемы автотранспортной ИТС, где VMS (Video Management System) – системы управления видеонаблюдением*

Проект ИМТС является новым видом информационно-телекоммуникационной системы, которая до сих пор не реализована ни в РФ, ни в зарубежных странах. Научные положения, предложенные в статье, позволят при дальнейшей практической реализации обеспечить эффективный контроль и управление внутримодальными и мультимодальными транспортными потоками, повысить безопасность на транспорте, сохранить жизни и здоровье людей, что в итоге приведет к существенному синергетическому экономическому эффекту российской и международной транспортных систем.

Выполненные авторами исследования позволяют в ближайшее время создать в РФ полноценную ИМТС.

На первом этапе, с учетом имеющихся отечественных научных результатов, достижений инфотелекоммуникационных технологий и технических возможностей, а

также при наличии необходимых финансовых ресурсов, возможна реализация пилотного проекта ИМТС в каком-либо субъекте России. Его внедрение повысит эффективность, качество обслуживания и безопасность функционирования транспортной системы, снизит время доставки грузов и эффективность использования ресурсов пропускной способности транспортной системы РФ, повысит безопасность перевозок людей и грузов, обеспечит более высокую экологичность функционирования.

Решение задачи построения и развития ИМТС РФ (в рамках современной концепции «Industry-4.0» [15]) предполагает создание в рамках Министерства транспорта «пятой моды», отвечающей и обеспечивающей развитие информационных, телекоммуникационных и интеллектуальных транспортных технологий.

#### *Список литературы*

1. Асаул Н.А. Стратегические цели развития транспортной системы России // Саморазвитие, самоуправление и трансформационные изменения в инвестиционно-строительной сфере: материалы XV Международной научной конференции. Т.1. СПб.: АНО ИПЭВ. 2013. С.87-98.
2. Асаул Н.А. Транспортная стратегия – XXI век. 2012. № 16. С. 8.
3. Асаул Н.А. Участие России в программе ООН по повышению безопасности дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. 2011. № 2 (33). С. 37-39.
4. Асаул Н.А. Создание национальной ИТС как задача государственной важности // Транспорт Российской Федерации. 2011. № 4 (35). С. 6-7.
5. Асаул М.А. Согласованная транспортная политика государств-членов таможенного союза и Единого экономического пространства // Саморазвитие, самоуправление и трансформационные изменения в инвестиционно-строительной сфере: материалы XV Международной научной конференции. Т. 1. СПб.: АНО ИПЭВ. 2013. С.311-320.
6. Комашинский В.И. Основы беспроводной передачи данных. Архитектура и модели // Palmarium Academic Publishing (2014-12-15). 85 с.
7. Zulkarnain, Leviäkangas, P., 2012. The Size, Structure and Characteristics of Finland's ITS Industry. Technology & Investment, Volume 3(3), pp. 158-167, Scientific Research Publishing.
8. COMeSafety "European Cooperative Systems Communication Architecture; Overall Framework; Proof of Concept Implementation".
9. Zografos, K.G., & Androusoyopoulos, K.N. Algorithms for itinerary planning in multimodal transportation networks. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2008. № 9 (1). С.175-184.
10. Krulатов А., Zakharov V., Malygin I. Competitive traffic assignment in road networks // Transport and Telecommunication, 2016, volume 17, issue 3 (Sep 2016). P. 212-222.
11. Rehrl K., Bruntsch S., Mentz H.J. Assisting multimodal travelers: design and prototypical implementation of a personal travel companion. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2007. № 8 (1). PP. 31-41.  
<http://dx.doi.org/10.1109/TITS.2006.890077>.
12. Krulатов А., Zakharov V., Malygin I. Signal Control in a Congested Traffic Area // Proceedings of the International Conference "Stability and Control Processes in Memory of V.I. Zubov (CSP 2015), Russia, Saint Petersburg, 5-9 October, 2015. IEEE Catalog number CFP15ZUV-ART. P. 475-478.
13. 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 ГПС МЧС России". 2015. № 4. С. 68-73.
14. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Асаул А.Н., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы // Научно-технический журнал «Информация и космос». 2016. № 3. С. 8-17.

15. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И. 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.

## **ТРАНСПОРТНАЯ ПОЛИТИКА ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ЕАЭС ДОЛЖНА БЫТЬ НАПРАВЛЕНА НА ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

*Асаул Максим Анатольевич – доктор экономических наук, заместитель директора Департамента транспорта и инфраструктуры Евразийской экономической комиссии*

Аннотация. На основе анализа интеграционных результатов согласованной транспортной политики государств-членов Евразийского экономического союза, направленной на последовательное и поэтапное создание общего рынка транспортных услуг и формирование единого транспортного пространства на принципах конкуренции, открытости, безопасности, надежности, доступности и экологичности автор приходит к выводу, что дальнейшее развитие единого транспортного пространства ЕАЭС должно базироваться на развитии информационно-сетевых технологий, конвергируемых с технологиями индустриального искусственного интеллекта. Автор убежден, что национальная интеллектуальная мультимодальная транспортная система (ИМТС), подразумевающая согласование с аналогичными моделями стран-партнёров ЕАЭС, возможна только при использовании эталонной архитектуры инфокоммуникационной платформы ИМТС, и уверен в том, что интеллектуализация транспортной инфраструктуры стран-участниц ЕАЭС будет способствовать развитию межрегиональных и трансконтинентальных экономических и внешнеторговых связей позволит вывести Евразийский экономический союз не только на полноформатный режим работы, но и позволит существенно расширить возможности как национальных, так и международных мультимодальных транспортных систем.

Ключевые слова: транспортная политика, транспортные услуги, единое транспортное пространство, транспортная инфраструктура, национальная интеллектуальная мультимодальная транспортная система, интеллектуализация транспортной инфраструктуры.

## **THE TRANSPORT POLICY OF MEMBER STATES OF EAEU TO BE DIRECTED TO CONSTRUCTION INTELLECTUAL MULTIMODAL TRANSPORT SYSTEM**

*Asaul Maxim A. – Doctor of Economic Sciences, Deputy director of Department of transport and infrastructure of the Euroasian economic commission*

Abstract. On the basis of the analysis of integration results of the approved transport policy of state members of the Eurasian Economic Union directed to consecutive and step-by-step creation of the total market of transport services and forming of single transport space on the principles of the competition, openness, safety, reliability, availability and ecological compatibility the author comes to a conclusion that further development of single transport space of EEU shall be based on development of the information and network technologies

*converged with technologies of industrial artificial intelligence. The author is convinced that the national intellectual multimodal transport system (IMTS) implying coordination with similar models of the partner countries of EEU is possible only when using reference architecture of an infocommunication platform of intellectual multimodal transport system, and is confident that intellectualization of transport infrastructure of member countries of EEU will promote development of interregional and transcontinental commercial and foreign trade ties will allow to remove the Eurasian Economic Union not only on a full-scale operating mode, but also will allow to expand significantly possibilities of both national, and international multimodal transport systems.*

*Keywords: transport policy, transport services, single transport space, transport infrastructure, national intellectual multimodal transport system, intellectualization of transport infrastructure.*

Суть и цель согласованной (скоординированной) транспортной политики государств-членов Евразийского экономического союза, направленной на последовательное и поэтапное создание общего рынка транспортных услуг и формирование единого транспортного пространства на принципах конкуренции, открытости, безопасности, надежности, доступности и экологичности, а также механизмы её реализации широко освещались как на международных научных конференциях, так и в специальной литературе [1-3].

В настоящее время уже имеются реальные интеграционные результаты в сфере транспорта, на которых я и остановлюсь.

Так, в части **автомобильного транспорта**, с вступлением в силу 1 января 2015 года Договора о Евразийском экономическом союзе международные автомобильные перевозки грузов как в двустороннем и транзитном сообщении, так и перевозки грузов, выполняемые перевозчиками государств-членов внутри Союза, осуществляются на безразрешительной основе. Перенесен на внешнюю границу Союза транспортный (автомобильный) контроль и определен порядок его осуществления. Также главами государств-членов Союза утверждена Программа поэтапной либерализации выполнения перевозчиками каботажных автомобильных перевозок грузов на период с 2016 по 2025 годы, с определением степени и условий этой либерализации.

Осуществление каботажных автомобильных грузоперевозок перевозчиком одного государства-члена Союза по территории другого государства-члена Союза были запрещены национальным законодательством государств-членов и двусторонними договорами между ними.

Для обеспечения доступа автотранспортных компаний Союза к внутреннему рынку грузоперевозок главы государств Союза 8 мая 2015 года утвердили вышеназванную Программу, состоящую из четырех этапов, на каждом из которых определена последовательность действий стран Союза, направленных на снятие ограничений, действующих в отношении каботажных автомобильных перевозок грузов. В результате ее реализации ожидается сокращение расходов потребителей на транспортные услуги, снижение доли и протяженности порожних пробегов, а также создание конкурентных условий на рынке автотранспортных услуг Союза, что в итоге скажется на снижении стоимости продукции для конечного потребителя. Сегодня Евразийской экономической комиссией проводится мониторинг выполнения Программы.

Интеграционные цели и реализация транзитного потенциала Российской Федерации предусмотрены Транспортной стратегией на период до 2020 г. [4,5].

**В сфере железнодорожного транспорта в соответствии с Договором о Союзе** действуют унифицированные внутригосударственные тарифы государств-членов Союза по перевозке грузов железнодорожным транспортом, установлены ценовые коридоры

ры изменения этих тарифов и определены условия их применения при транзитных перевозках;

По расчетам кыргызских специалистов, при перевозке груза из России в Кыргызстан транзитом по Казахстану провозная плата за 1 тонну при унифицированном тарифе в ряде случаев в более чем в три раза выгоднее, чем при тарифной политике СНГ, что, несомненно, снижает конечную стоимость товара и повышает конкурентоспособность наших организаций и перевозчиков.

Сегодня Евразийской экономической комиссией проводится мониторинг применения унифицированных тарифов при перевозке грузов железнодорожным транспортом. Также в соответствии с Договором о Союзе определены принципы и этапы предоставления доступа перевозчиков стран ЕАЭС на сопредельную железнодорожную инфраструктуру других стран Союза.

Принципы доступа к услугам инфраструктуры:

- равенство требований к перевозчикам с учетом технических и технологических возможностей в пределах пропускной способности участков инфраструктуры;
- применение в отношении перевозчиков единой ценовой (тарифной) политики;
- приоритетность (очередность) предоставления перевозчикам доступа к услугам инфраструктуры в условиях ограниченной пропускной способности инфраструктуры в соответствии с нормативным графиком движения поездов.

Этапы предоставления доступа к услугам инфраструктуры:

- 1) утверждение и публикация оператором инфраструктуры технической спецификации участков инфраструктуры;
- 2) подача перевозчиком заявки;
- 3) рассмотрение заявки оператором инфраструктуры;
- 4) утверждение графика движения поездов;
- 5) заключение договора на оказание услуг.

Еще одним важным решением стало принятие Коллегией Комиссии Рекомендации об общих подходах к требованиям и порядку выдачи сертификата безопасности на железнодорожном транспорте (29 марта 2016 г.). Ее применение позволит снизить количество нарушений при организации, осуществлении и обеспечении перевозочного процесса.

Практическим результатом деятельности в области сближения и развития транспортных систем государств-членов Союза стало создание, Объединенной транспортно-логистической компании (ОТЛК) – единого оператора организации железнодорожных перевозок контейнеров государств – членов ЕАЭС. Основой бизнес-модели создания ОТЛК является стратегическое объединение ведущих железнодорожных контейнерных операторов, логистической инфраструктуры, грузовых терминалов и предоставление комплексной транспортно-логистической услуги по принципу «одного окна», формирование конкурентоспособных сквозных ставок на перевозки контейнеров по территории Беларуси, Казахстана и России.

**В сфере водного транспорта** еще предстоит сформировать нормативную правовую базу интеграции и общего рынка транспортных услуг. Первым документом в этой сфере станет Соглашение о судоходстве, в основу которого заложено решение вопроса упрощения получения разрешения на проход судов под флагом государств-членов Союза по внутренним водным путям государств-членов Союза.

Национальные рынки услуг внутреннего водного транспорта являются несопоставимыми, из-за различной протяженности внутренних водных путей, а порой их отсутствия, в странах Союза. В настоящее время доступ судов под флагом одного из государств-членов ЕАЭС на внутренние водные пути другого государства-члена ЕАЭС осуществляется в специальном порядке в соответствии с национальным законодательством. К примеру, в Российской Федерации разрешение на разовый проход судов

оформляется актом Правительства, что является длительной процедурой. Соглашение предполагает упрощение порядка доступа для государств-членов, а также направлено на гармонизацию квалификационных требований, предъявляемых к членам экипажа, законодательства государств-членов в сфере обеспечения безопасности судоходства, технического регулирования, страхования и лицензирования [3]. Сложный переговорный процесс по согласованию проекта Соглашения о судоходстве завершается. Проект планируется рассмотреть 30 ноября текущего года на заседании Совета Евразийской экономической комиссии, затем в декабре принять его на заседании Высшего Евразийского экономического совета.

В сфере **воздушного транспорта** также еще предстоит сформировать нормативную правовую базу интеграции и общего рынка транспортных услуг. Договором определено, что развитие воздушного транспорта в ЕАЭС будет осуществляться в рамках проводимой скоординированной (согласованной) транспортной политики путем поэтапного формирования общего рынка услуг воздушного транспорта. Цели, задачи и принципы формирования «Единого Евразийского неба» освещены в работе [6].

Еще одним важным направлением работы Комиссии является выявление и устранение препятствующих функционированию внутреннего рынка Евразийского экономического союза барьеров для взаимного доступа, а также изъятий и ограничений в отношении движения товаров, услуг, капитала и рабочей силы в области транспорта. Реализация мероприятий по этому направлению осуществляется в рамках деятельности Консультативного комитета по транспорту и инфраструктуре, а также его подкомитетов.

Основой же последовательного и согласованного развития всего транспортного комплекса Союза, поэтапного создания общего рынка транспортных услуг и формирования единого транспортного пространства должен стать документ «Основные направления и этапы реализации скоординированной (согласованной) транспортной политики».

Предполагается, что реализация этой политики обеспечит равные условия доступа на рынок транспортных услуг, гармонизацию условий и правил перевозок, создание конкурентной среды на общем рынке транспортных услуг, переход к формированию долгосрочных тарифов на транспортные услуги, снижение транспортной составляющей в конечной цене товара, рост грузопотоков в рамках взаимной и внешней торговли, реализацию крупномасштабных проектов транспортной инфраструктуры, развитие мультимодальных логистических центров, повышение мобильности населения, снижение негативного воздействия транспорта на жизнь и здоровье граждан наших стран. На сегодняшний день работа над проектом документа на уровне соответствующей рабочей группы уже завершена. Ожидается, что проект будет рассмотрен и утвержден в декабре текущего года главами государств-членов ЕАЭС.

Важным направлением работы является работа в рамках процессов сопряжения строительства Евразийского экономического союза и Экономического пояса Шелкового пути [7]. Сопряжение строительства Союза и Экономического пояса Шелкового пути предполагает создание современных систем международных логистических центров и хабов на основных международных транспортных коридорах, проходящих по территории Евразии: Западная Европа - Западный Китай, Север - Юг, Восток - Запад и Северный морской путь.

На практике функционирование и развитие международных транспортных коридоров означает проведение скоординированной политики, направленной на устранение административных, технологических, технических и экономических барьеров в рамках каждого коридора путем гармонизации, стандартизации и системного планирования. Для государств-членов ЕАЭС новый Шелковый путь обеспечит приток дополнительных инвестиций в транспортную инфраструктуру, модернизация которой, в свою

очередь, усилит взаимную торговлю между странами Союза и повысит их инвестиционную привлекательность. В долгосрочной перспективе это приведет к ускорению роста и других отраслей экономики.

В целях выполнения работы по совместным проектам в сфере транспорта и инфраструктуры в рамках сопряжения создана рабочая группа. В ходе её работы выработаны критерии отнесения приоритетных проектов к значимым, а также сформирован проект перечня приоритетных проектов в данной сфере.

Все вышеперечисленное, безусловно, является важными шагами на пути развития транспортного комплекса Евразийского экономического союза и является определенным фундаментом для поэтапного совместного наращивания объемов перевозок на международном рынке транспортных услуг.

Но в мировой экономике наблюдается обострение противоречий между спросом на транспортные услуги и возможностями инфраструктуры, т.е. спрос на транспортные услуги растёт гораздо быстрее, чем совершенствуются возможности имеющейся инфраструктуры. Поэтому действительность диктует развитие национальных моделей транспортных систем на основе информационно-сетевых технологий, конвергируемых с технологиями индустриального искусственного интеллекта [8,9].

Совершенно ясно, что национальная интеллектуальная мультимодальная транспортная система (ИМТС), подразумевающая согласование с аналогичными моделями стран-партнёров (например, стран ЕАЭС), возможна только при использовании эталонной архитектуры инфокоммуникационной платформы ИМТС. Концептуальные подходы её построения разработаны в ФГБУН Институт проблем транспорта имени Н.С. Солюженко Российской академии наук [10].

Безусловно, интеллектуализация транспортной инфраструктуры стран-участниц ЕАЭС будет способствовать развитию межрегиональных и трансконтинентальных экономических и внешнеторговых связей и позволит вывести Евразийский экономический союз не только на полноформатный режим работы, но и позволит существенно расширить возможности как национальных, так и международных мультимодальных транспортных систем.

#### *Список литературы*

1. Асаул М.А. Согласованная транспортная политика государств-членов таможенного союза и единого экономического пространства // Саморазвитие, самоуправление и трансформационные изменения в инвестиционно-строительной сфере: материалы XV Международной научной конференции. Т.1. СПб.: АНО ИПЭВ. 2013. С. 311-320.
2. Асаул М.А. Развитие интеграции в сфере транспорта и инфраструктуры в Евразийском экономическом союзе // Фундаментальные исследования. 2016. № 2-1. С. 120-124.
3. Асаул М.А. Перспектива развития внутреннего водного транспорта Евразийского экономического союза // Фундаментальные исследования. 2016. № 2. С. 333-336.
4. Асаул Н.А. Стратегические цели развития транспортной системы России // Саморазвитие, самоуправление и трансформационные изменения в инвестиционно-строительной сфере: материалы международной научной конференции. Том 1. Санкт-Петербург: Изд-во АНО «ИПЭВ». 2013. С. 87-98.
5. Асаул Н.А. «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года с изменениями, соответствующими современным реалиям» // Научные труды ВЭО России. 2014. Т. 183. С. 43-57.
6. Асаул М.А. Цели, задачи и принципы формирования Единого Евразийского неба // Саморазвитие, самоуправление и трансформационные изменения в инвести-

онно-строительной сфере: материалы международной научной конференции. Том 1. Санкт-Петербург: Изд-во АНО «ИПЭВ». 2013. С. 321-337.

7. Асаул М.А. Некоторые аспекты реализации и развития транзитного потенциала в рамках Евразийского экономического союза // Экономика и управление. 2016. № 6 (128). С. 4-7.

8. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И. Четвёртая индустриальная революция (Industrie 4,0) в транспортной и сопутствующих отраслях // Научно-аналитический журнал "Проблемы управления рисками в техносфере". 2016. № 2 (38). С. 70-78.

9. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И. Интеллектуальная мультимодальная транспортная система – основа повышения транспортной безопасности РФ // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: материалы XII Междунар. научно-практ. конф. С-Петербург. СПб ГАСУ. 24-30 сентября 2016 г. СПб. 2016. С. 36-43

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

## **УПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Артамонов Владимир Сергеевич – доктор военных наук, доктор технических наук, профессор, Статс-секретарь – заместитель Министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий*

*Аннотация. Обоснована целесообразность создания межведомственной системы управления комплексной безопасностью транспортной системы Арктической зоны Российской Федерации для повышения уровня защищенности населения и территорий Арктики за счет создания эффективной системы мониторинга и разработки на этой основе действенных комплексов мероприятий по вопросам предупреждения и снижения последствий ЧС.*

*Ключевые слова: управление, комплексная безопасность, транспортная система, Арктическая зона, аварийно-спасательные центры МЧС России.*

## **MANAGEMENT OF INTEGRATED SAFETY AND SECURITY IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION**

*Artamonov Vladimir S. – Doctor of military sciences, Doctor of technical sciences, professor, State Secretary – deputy minister of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters*

*Abstract. Explains reasoning for Interdepartmental Management System creation that would be in charge of integrated safety of Arctic Zone transport system of Russian Federation to arctic territory and population security level increase due to effective monitoring system creation and engineering an actionable measures complex concerning emergencies consequences risk reduction and prevention.*

*Keywords: management, complex security, transport system, Arctic zone, complex rescue centers of EMERCOM of Russia.*

Развитие Арктического региона осуществляется в условиях динамичного геостратегического переустройства мира. Все более актуальными становятся вопросы наращивания Российского присутствия в Арктической зоне, ведения там хозяйственной деятельности, добычи полезных ископаемых и биоресурсов, регулярного судоходства в арктическом бассейне (рис. 1).

Создание системы управления комплексной безопасностью в Арктике является приоритетом политики по обеспечению национальной безопасности Российской Федерации.

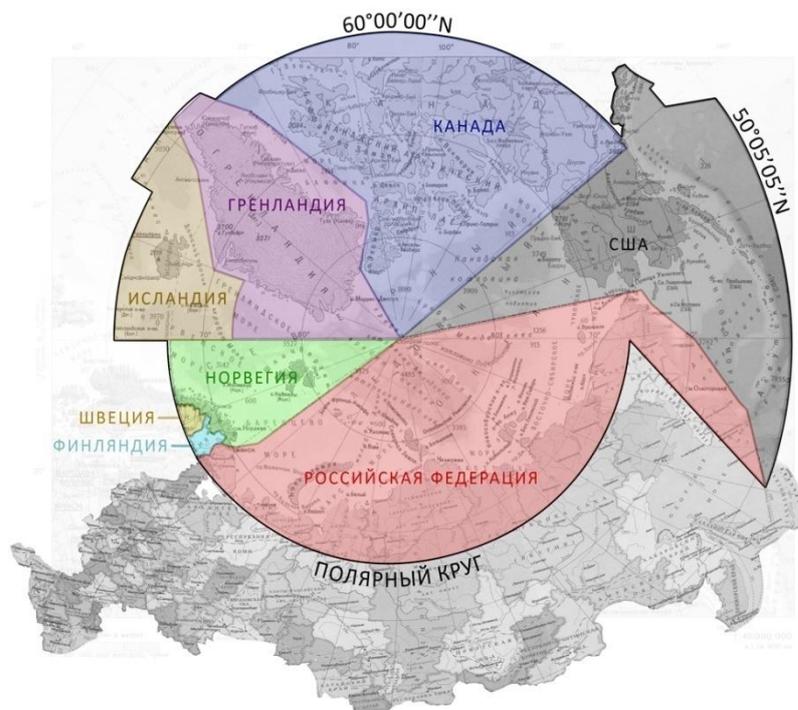


Рисунок 1 – Международная обстановка в Арктике

В условиях роста военной напряженности на Арктическом Севере, в этом регионе в системе геополитических отношений складывается *биполярная модель* – Россия и остальные претенденты на геополитическое влияние в Арктике.

Активизации деятельности основных геополитических игроков в Арктике, выводит на первое место вопросы обеспечения безопасности в Арктической зоне.

Россия неоднократно заявляла о своих правах на сектор Северного Ледовитого океана, в границах от Северного Полюса до Норвегии и Берингова пролива.

Не случайно Северный морской путь рассматривается сегодня в качестве инструмента сохранения территориальной целостности России и обеспечения единства экономического пространства.

Риски возникновения природных и техногенных чрезвычайных ситуаций в этом регионе также требуют обеспечения безусловного присутствия и работы там сил и средств Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) России.

В связи с прогнозируемым наступлением *глобального потепления* условия в арктическом бассейне и приарктических районах существенно изменятся. Прежде всего, потепление приведет к отступлению к более высоким широтам кромки дрейфующих льдов. Это будет способствовать развитию судоходства, рыболовства в районе Северного морского пути и добыче полезных ископаемых на шельфе и др. Значимость северных рек как транспортных артерий значительно возрастет. Отступление зоны веч-

ной мерзлоты приведет к сдвигу в более высокие широты границ арктических пустынь, тундры, лесотундры, исчезновению ледников и заболачиванию территорий. Возрастут *транспортные и промышленные риски* на освоенных территориях (рис. 2).

Существенным *рискам* подвергнется *инфраструктура* населенных пунктов. Возрастет угроза целостности зданий и сооружений.



Рисунок 2 – Прогнозируемые риски в Арктике

Увеличение *интенсивности движения* на *трансарктических авиационных трассах* потребует совершенствования подходов к развитию самой системы авиационного поиска и спасания и принятие мер по *изменению качественного состояния сил и средств РСЧС* России в Арктическом регионе, применение новых принципов и подходов к оснащению, оборудованию подразделений спасания.

Основной целью создания системы комплексной безопасности, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Арктической зоне Российской Федерации является *повышение уровня защищенности населения и территорий Арктики* за счет создания эффективной системы мониторинга и разработки на этой основе действенных комплексов мероприятий по вопросам предупреждения и снижения последствий ЧС [1]. В соответствии с этим реализация «концепции создания оптимального уровня готовности сил и средств» должна стать основой обеспечения «адекватного ответа на угрозы ЧС». Это и есть сегодня стратегический приоритет развития системы комплексной безопасности в Арктической зоне.

В настоящее время защита населения и территорий, критически важных и потенциально опасных объектов (в первую очередь – транспортной инфраструктуры) в Арктической зоне Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера представляет собой *систему*, которая включает: силы и средства МЧС России, федеральных органов исполнительной власти, в том числе территориальных органов МЧС России, расположенных в Арктической зоне (это – отряды Федеральной противопожарной службы, поисково-спасательные отряды, специальные и объектовые подразделения ФПС и другие подразделения).

*Совершенствование управления системой комплексной безопасности* в целях защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Арктической зоне Российской Федерации осуществляться за счет создания 10 Арктических комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России в городах: Архангельске, Мурманске, Нарьян-Маре, Воркуте, Надыме, Дудинке, Анадыре, поселка: Тикси, Певек и Провидение. В целях подготовки спасателей для работы в суровых условиях Арктики, в 2014 году к Арктическим центрам добавился Арктический спасательный учебно-научный центр «Вытегра», расположенный в Вологодской области.

Численность группировки сил и средств по прикрытию Арктической зоны Российской Федерации, с учетом сил органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и муниципальных образований, составляет 18 тыс. человек и 1845 единиц техники. Из них силы и средства МЧС России составляют более 7 тыс. человек и 597 единиц техники.

Силы и средства, привлекаемые к ликвидации ЧС в Арктическом регионе, относятся к различным *функциональным подсистемам РСЧС* федеральных органов исполнительной власти (Минтранса России, Пограничной службы ФСБ России, Минобороны России, Росгидромета, МЧС России, Госкорпорации «Росатом» и других).

Учитывая, что поисково-спасательные операции в Арктике в ледовых условиях в основном обеспечиваются с помощью ледоколов, морские спасательно-координационные центры взаимодействуют с ФГУП «Атомфлот» Росатома.

Большинство поисково-спасательных операций в Арктике не обходится без применения воздушных судов. Авиация при проведении поисково-спасательных операций в Арктике является наиболее эффективным средством.

Поисково-спасательные самолеты и вертолеты МЧС России, Минобороны России, ФСБ России и Росавиации привлекаются морскими спасательными координационными центрами к поисково-спасательным операциям в Арктике во взаимодействии с Главным авиационным координационным центром поиска и спасания единой системы авиационно-космического поиска и спасания Росаэронавигации.

К поисково-спасательному обеспечению полётов на территории Арктики привлекаются поисково-спасательные воздушные суда, базирующиеся на аэродромах: Мурманск, Североморск, Воркута, Ухта, Печора, Нарьян-Мар, Салехард, Хатанга, Норильск, Мыс Каменный, Якутск, Мирный, Тикси, Нерюнгри, Зырянга, Батагай, Полярный, Анадырь.

Вместе с тем, взаимодействие функциональных подсистем в рамках общей системы комплексной безопасности в Арктике сегодня существенно затруднено. Это связано с *несовершенством системы законодательства*, которое очевидно не отвечает современным требованиям. Систематизированного законодательства в данной области пока нет, отсутствует единый акт, регулирующий вопросы, связанные с деятельностью в российском Арктическом регионе, поэтому необходимо принятие Федерального закона «Об Арктической зоне Российской Федерации», в котором предусмотреть возможность и конкретные механизмы межведомственного взаимодействия.

Необходимо четкое увязывание существующих многочисленных нормативных актов между собой, востребована «инвентаризация» разноуровневых нормативных актов и межведомственных соглашений, посвященных Арктике. Нужен системный подход в проработке правового статуса Арктики, унификация соответствующих терминов и понятий. Создание системы межведомственного взаимодействия в Арктике предполагает также совершенствование *системы сбора, обработки и представления оперативной информации* о чрезвычайных ситуациях [2].

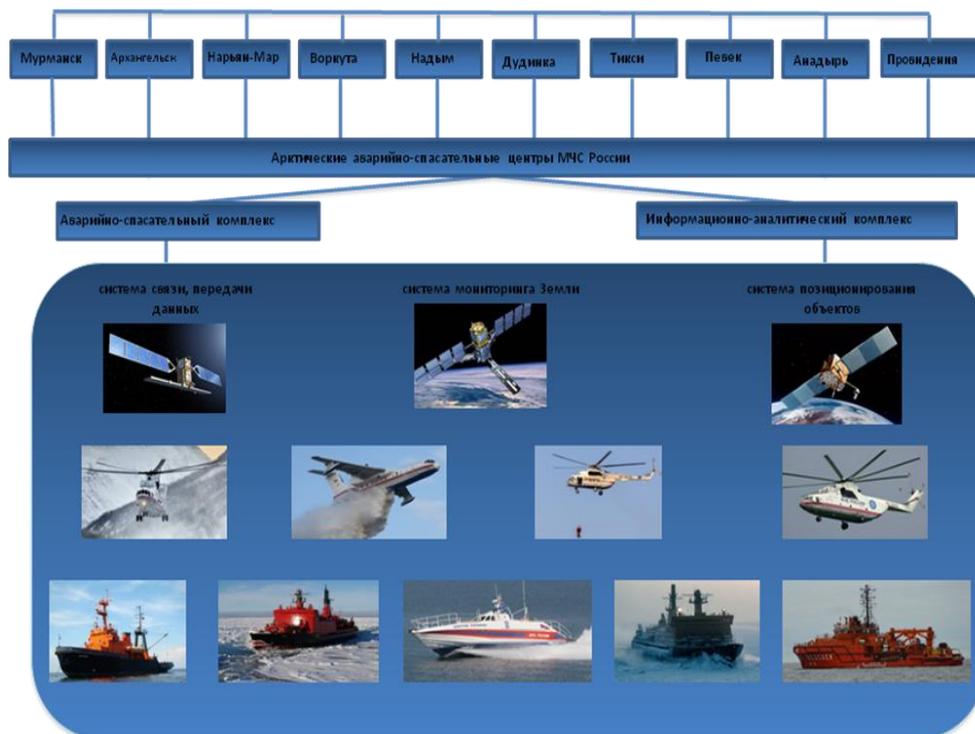
В рамках Системы освещения обстановки в Арктике Минобороны России совместно МЧС России и другими заинтересованными федеральными органами исполнительной власти проводится работа по созданию и поддержанию *единого информационного пространства системы управления* в Арктической зоне Российской Федерации в целях интеграции ресурсов и повышения уровня безопасности и безопасности жизнедеятельности в этом регионе (рис. 3).

Важным *элементом системы мониторинга* станут создаваемые МЧС России Арктические комплексные аварийно-спасательные центры.

Предполагается их участие в сборе, обработке и представлении оперативной информации о:

- чрезвычайных ситуациях;

- прогнозной информации о тенденциях их развития и последствиях;
- силах, средствах, ресурсах в Арктической зоне;
- организации межведомственного информационного обмена между существующими или создаваемыми информационно-аналитическими системами структур Минобороны, Минтранса, Минрегиона, Минпрома, Роскосмоса России и других заинтересованных организаций.



*Рисунок 3 – Единое информационное пространство системы управления в Арктической зоне Российской Федерации*

С целью реализации Концепции комплексной безопасности в Арктике необходимо проведение научных исследований в рамках НИОКР, направленных на разработку новых образцов техники, анализ действующего законодательства в области обеспечения комплексной безопасности:

- разработка, адаптация, отработка авиационных технологий, методов доставки;
- разработка одежды, обуви (мембранная, водоотталкивающая, изолирующая, с подогревом);
- испытание, отработка, внедрение новых связных технологий во всех диапазонах на специальные антенные системы;
- разработка, испытание и внедрение экономичных, нетрадиционных источников тепла и энергии (каталитические, нетрадиционные виды топлива, солнечные, ветровые, др.);
- отработка, испытание, внедрение технологий позиционирования: ГЛОНАС, GPS, астрономических;
- обучение, отработка технологий по созданию временных аэродромов, вертолетных площадок.

С целью анализа и переработки нормативно-правовой базы – проведение НИР по следующим темам:

– анализ действующей нормативно-правовой базы по комплексной безопасности в Арктической зоне Российской Федерации и разработка на основе результатов анализа пакета нормативных актов;

– разработка функциональной подсистемы единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечения пожарной безопасности в Арктической зоне Российской Федерации (подсистемы арктического поиска и спасания);

– разработка (совершенствование действующих) пакета нормативных правовых актов, регламентирующих работу административных, координационных органов и спасательных подразделений системы арктического поиска и спасания.

За последние годы для оснащения подразделений МЧС России разработаны современные высокотехнологичные образцы пожарно-спасательной техники, специально приспособленные для эксплуатации в экстремальных условиях Арктического региона.

Для успешного тушения пожаров и ликвидации аварий при экстремально низких температурах созданы пожарно-спасательные автомобили в климатическом исполнении «ХЛ», с температурой эксплуатации до  $-60^{\circ}\text{C}$ . Опытные образцы эксплуатируются в Норильске (рис. 4, 5).

Разработаны аварийно-спасательные машины на базе двухзвенного гусеничного снегоболотохода (АСМ-ГД) (рис. 6), гусеничный вездеход типа «БОБР» (рис. 7), лыжно-гусеничный снегоход типа «Беркут» (рис. 8). Также с учетом мнения специалистов МЧС России создаются и вездеходы на шинах низкого давления типа «Трэкол» (рис. 9).



*Рисунок 4 – Пожарно-спасательный автомобиль ПСА-С 6,0-40 (6339) в климатическом исполнении ХЛ*



*Рисунок 5 – Пожарная автоцистерна АЦ-С 8,0-70 на шасси IVECO АМТ 6339*



*Рисунок 6 – Аварийно-спасательная машина на базе двухзвенного гусеничного снегоболотохода (АСМ-ГД)*



*Рисунок 7 – Гусеничный вездеход типа «БОБР»*



*Рисунок 8 – Лыжно-гусеничный снегоход типа «Беркут»*



*Рисунок 9 – Вездеход на шинах низкого давления типа «Трэкол»*

Кроме того, разработаны опытные образцы аварийно-спасательного инструмента, обеспечивающего работу спасателей в Арктической зоне на гидравлическом, электрическом, пневматическом принципах с диапазоном рабочих температур до  $-60^{\circ}\text{C}$ .

Разработаны специальные комплекты одежды (экипировки) для пожарно-спасательных частей, аварийно-спасательных и спасательных воинских формирований МЧС России для работы в Арктической зоне (например, комплекты «Костюм для особо холодного климата «Арктика-1» и «Арктика-2», предназначенные для использования при экстремально низких температурах до  $-60^{\circ}\text{C}$ ). Созданные образцы обладают повышенной эргономичностью и износостойкостью, выполнены по технологии «анатомического кроя».

В целом, в настоящее время разработан широкий спектр современных образцов пожарно-спасательной техники, оборудования и экипировки, обеспечивающей успешное выполнение подразделениями МЧС России задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне.

**Вывод.** Управление комплексной безопасностью транспортной системы Арктической зоны Российской Федерации является одним из важнейших условий обеспечения защиты национальных интересов России в Арктике, значимой составляющей системы национальной безопасности страны.

#### *Список литературы*

1. Артамонов В.С., Мусиенко Т.В. Геополитика Арктики: система управления рисками безопасности жизнедеятельности // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2016. № 2-2 (14). С. 72-78.
2. Малыгин И.Г., Смирнов А.С., Стариченков А.Л., Стариченкова Е.М. Управление безопасностью водных транспортных средств при ЧС // Монография. – СПб.: СПб УГПС МЧС России. 2013. 184 с.

## ТРАНСПОРТНАЯ ГЕОПОЛИТИКА: АРКТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

*Мусяенко Тамара Викторовна – доктор политических наук, заместитель начальника по научной работе, профессор кафедры философии и социальных наук*

*Лукин Владимир Николаевич – доктор политических наук, доцент, профессор кафедры философии и социальных наук*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Аннотация.* На основе Транспортной стратегии Российской Федерации актуализируются основные направления транспортной геополитики России через анализ Плана мероприятий по реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года и отдельных пунктов практической реализации.

*Ключевые слова:* геополитика, безопасность, стратегия, геополитический статус, транспортная геополитика, Арктическая зона Российской Федерации.

## TRANSPORT GEOPOLITICS: ARCTIC ASPECT

*Musienko Tamara V. – Doctor of Political Sciences, Deputy Chief for Research, Professor of the Department of Philosophy and Social Sciences*

*Lukin Vladimir N. – Doctor of Political Sciences, Professor of the Department of Philosophy and Social Sciences*

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract.* On the basis of the Transport Strategy of the Russian Federation main directions of transport geopolitics of Russia are actualized through the analysis of the Action Plan for implementation of the Strategy of development of the Russian Arctic and national security for the period up to 2020 and certain items of its practical implementation.

*Keywords:* geopolitics, security, strategy, geopolitical status, transport geopolitics, Arctic zone of the Russian Federation.

Геополитический статус государства определяется рядом характеристик, обобщенным показателем которых являются модели геополитического статуса, состоящие из двух основных групп параметров.

Первая группа включает основные атрибуты государства (его территорию, население, экономику, систему противодействия внешним и внутренним угрозам и рискам и прочее), то есть все то, что составляет геополитический потенциал.

Вторую группу параметров составляют внешние и внутренние факторы, из которых выделим степень политической, экономической, военной независимости и качество государственного управления.

Геополитический статус государства во многом определяется состоянием его транспортной инфраструктуры, которая включает в себя параметры из обеих групп.

Транспортная геополитика Российской Федерации рассматривается экспертами как одно из «ключевых оснований национальной безопасности, определяемое техническими и организационными параметрами страны, характером ее включенности в мультимодальные коридоры, историей ее развития, перспективами роста» [1, С. 201]. Она реализуется на современной нормативно-правовой базе, состоящей из Стратегий, государственных программ Российской Федерации и ряда других решений федерального и регионального уровней.

В «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года с изменениями, внесенными распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 года (далее – Транспортная стратегия), отмечалось, что транспорт как системообразующий элемент и генератор инвестиционного и инновационного спроса на продукцию должен рассматриваться в качестве самостоятельной точки роста экономики. А неразвитость транспортной системы вызывает существенные ограничения роста экономики [2, С. 2–3].

В целях реализации транспортной геополитики разработана «Схема территориального планирования Российской Федерации в области федерального транспорта» и утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 марта 2013 года №384-р (с изменениями, внесенными Распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 августа 2016 года № 1827-р (далее – Схема планирования). Мероприятия, заложенные в Схему планирования, направлены на формирование единого транспортного пространства страны на базе сбалансированного развития эффективной транспортной инфраструктуры. За основу предложений по территориальному планированию приняты расчётные показатели и мероприятия, заложенные в стратегических и программных документах, направленных на развитие транспорта в Российской Федерации.

В Транспортной стратегии учтена и «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» (далее – Стратегия), утвержденная Президентом России 20 февраля 2013 года.

В Плане мероприятий по реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года, утвержденном Председателем Правительства Российской Федерации Д.А. Медведевым 30 августа 2016 года (далее – План), в четвертый и пятый разделы включены мероприятия по развитию транспортной инфраструктуры Арктической зоны Российской Федерации (далее – АЗРФ).

В четвертом разделе «Развитие промышленности и промышленной инфраструктуры» Плана Росреестра, Минэкономразвития России, Госкорпорации «Роскосмос» поставлена задача создать к 2017 году «Национальный атлас Арктики», который должен содержать свод взаимно согласованной пространственно-временной информации о географических, экологических, экономических, историко-этнографических, культурологических и социальных особенностях АЗРФ. Без учета особенностей арктического геополитического региона и геостратегических линий (транспортные коммуникации; линия побережья Северного Ледовитого океана, горные хребты, реки; ареалы распространения населения, коренных народностей Севера, религий, культур и другое), которые естественным образом «очерчивают» геополитическое пространство, невозможна успешная реализация транспортной геополитики (п. 10).

В этом разделе (пункты 24 – 30) предусматривается развитие ледокольного флота; строительство судов аварийно-спасательного и вспомогательного флотов; транспортных судов «река-море», обеспечивающих завоз грузов в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности, а также судов для обеспечения федерального государственного экологического надзора в арктических условиях; развитие малой авиации; разработка и внедрение современных транспортных средств, адаптированных к использованию в арктических условиях.

Пункты с 31 по 38 пятого раздела «Развитие транспортной инфраструктуры» Плана содержат мероприятия по основным направлениям развития транспортной системы АЗРФ:

1. Разработка финансово-экономической модели по развитию Северного морского пути в качестве конкурентного транспортного коридора глобального значения.

2. Создание новых портово-производственных комплексов АЗРФ.
3. Создание и развитие системы комплексной безопасности арктического судоходства, управления транспортными потоками в районах интенсивного движения судов, включая навигационно-гидрографическое, гидрометеорологическое, ледокольное и иные виды обеспечения, создание комплексных аварийно-спасательных центров.
4. Модернизация арктических портов и осуществление дноуглубительных работ на основных арктических речных магистралях.
5. Развитие эффективной системы авиационного обслуживания арктических районов, включая реконструкцию и модернизацию аэропортовой сети вдоль побережья акватории Северного морского пути.
6. Формирование современных транспортно-логистических центров обеспечения магистральных и международных перевозок на базе аэропортов федерального значения.
7. Развитие железнодорожной сети в АЗРФ, обеспечивающей расширение пропускной способности действующих и создание новых железнодорожных линий.
8. Формирование опорной сети автомобильных дорог в АЗРФ, входящих в состав международных транспортных коридоров, обеспечение их соответствия международным требованиям в целях интеграции с евразийскими транспортными системами [3].

Следует заметить, что в Плате в прямой постановке отсутствует проблема развития трубопроводного транспорта.

В 2016 году Минэкономразвития России сформировало перечень проектов по развитию Арктической зоны России и должно обеспечить мониторинг их реализации. В перечень приоритетных вошли 145 проектов с общим объёмом финансирования в пределах 4,8 триллионов рублей (из них около 3,75 триллионов – из внебюджетных источников). К числу наиболее перспективных, имеющих межотраслевой, комплексный характер, отнесены 17 проектов с общим объёмом финансирования около 1,7 триллионов рублей.

Один из самых важных, системообразующих проектов в Арктике – «Комплексный проект развития Северного морского пути», утверждённый решением Правительства в июне 2015 года. В нем предусмотрены меры по навигационно-гидрографическому и гидрометеорологическому обеспечению судоходства в акватории Северного морского пути, по аварийно-спасательному обеспечению судоходства, по развитию морских портов, по обеспечению вопросов обороны в акватории Северного морского пути, а также по разработке и строительству морской техники, систем и средств.

Реализация этого проекта позволит обеспечить безопасность мореплавания, деятельность кораблей и судов Военно-Морского флота, северный завоз в АЗРФ, защиту морской среды от загрязнения, а также повысит надёжность транзитных перевозок и перевозок углеводородного сырья с мест добычи, расположенных на арктическом побережье и континентальном шельфе Российской Федерации. Но в отраслевом разрезе проект только фрагментарно отражает основные направления развития транспортной инфраструктуры, в том числе прибрежно-портовой.

Документ «Комплексный проект развития Северного морского пути» не публикуется, так как содержит сведения ограниченного доступа. Срок реализации комплексного проекта – 2015 – 2030 годы. Кроме того, в экспертном сообществе обсуждается идея образования единого транспортно-логистического оператора в АЗРФ и включение его в единый центр обеспечения судоходства на базе «Администрации Северного морского пути», что предусматривает наделение её дополнительными полномочиями и расширение её функций [4].

Особенностью транспортной системы арктических территорий является слабое развитие наземных коммуникаций.

Россия располагает самым большим воздушным пространством в мире. 60 процентов территории страны относится к районам, где зачастую авиация является единственным средством круглогодичной транспортной доступности. В АЗРФ малой авиацией выполняется 50 процентов местных перевозок по России. При этом 80 процентов – социально значимые и субсидируются государством.

За последние четверть века интенсивность полетов местных воздушных линий в АЗРФ по действующим ранее маршрутам упала в 45 – 65 раз, число аэродромов сократилось с 2 850 до 88 и 200 посадочных площадок, из которых 99 процентов – грунтовые и только половина имеет пригодную, но не сертифицированную взлетно-посадочную полосу. Так, в Мурманской области из 41 аэродрома осталось 10, в Чукотском автономном округе – 15 из 33, в Ямало-Ненецком АО – 12 из 19. Износ основных производственных фондов, включая воздушные суда, аэродромного хозяйства составляет 80 процентов. Минимальное востребованное количество воздушных судов на Севере в период до 2020 года может составить от одной до трех тысяч новых единиц [5, С. 31-37].

Вместе с тем, из федеральных целевых программ исключены все северные аэродромы, это не позволит развивать авиасообщение в Диксоне, Салехарде и других населенных пунктах. По мнению, Д. Рогозина для обеспечения перспективных потребностей АЗРФ в авиатранспортном обслуживании к 2030 году потребуется от 80 до 135 лёгких многоцелевых воздушных судов пассажироместимостью от 7 до 19 человек. Начались опытно-конструкторские работы по семейству лёгких многоцелевых самолётов, а начало поставок запланировано на 2020 год [6].

Таким образом, освоение Арктической зоны Российской Федерации во многом зависит от развития транспортной инфраструктуры и эффективности транспортной геополитики.

Транспортная геополитика Российской Федерации, являясь одним из ключевых оснований национальной безопасности, имеет в основе современную нормативно-правовую базу. Однако ее практическая реализация затруднена из-за отрицательного влияния как внутренних, так и внешних геополитических и геоэкономических факторов.

#### *Список литературы*

1. Кефели И.Ф., Кузнецов Д.И. Геополитика в историческом и философском курсе. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2016. 223 с.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года № 1734-р с изменениями, внесенными распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 года № 1032-р // [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://government.ru/media/files/41d4e8c21a5c70008ae9.pdf> (дата обращения – 02.11.2016).
3. План мероприятий по реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», утвержденный Председателем Правительства Российской Федерации Д.А. Медведевым 30 августа 2016 года // [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://government.ru/media/files/ObB3ODIP9rOAwfYbgWrOzHlxaHTla8s1.pdf> (дата обращения – 02.11.2016).
4. Заседание президиума Госкомиссии по вопросам развития Арктики 24 мая 2016 // [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://government.ru/news/23329/> (дата обращения – 01.11.2016).

5. Селин В.С., Шпак А.В, Серова В.А. Развитие малой авиации Арктической зоны Российской Федерации // Аналитический вестник Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации. № 6 (559). 2015. С. 31 – 37.

6. Дмитрий Рогозин выступил на правительственном часе в Совете Федерации 26 февраля 2016 года // [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://government.ru/news/22167/> (дата обращения – 01.11.2016).

## СОВРЕМЕННОЕ ОБОРОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ РОССИИ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

*Аксёнкин Виталий Иванович* – кандидат военных наук, начальник научно-исследовательского отдела

*Золотарёв Михаил Леонидович* – кандидат военных наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела

*Краснов Василий Сергеевич* – кандидат военных наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела

*Военная академия материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А.В. Хрулева, г. Санкт-Петербург*

Аннотация. Рассматривается значение пространственного и ресурсного потенциала Российской Арктики в современных геополитических условиях. Рост мировых противоречий обуславливает необходимость усиления внимания к защите национальных интересов в этом сложном и важном регионе.

Ключевые слова: Арктика, ресурсы, оборона, экономика, инфраструктура, координация, безопасность.

## MODERN DEFENSE AND ECONOMIC POSITIONING OF RUSSIA IN THE ARCTIC REGION

*Aksenkin Vitaly I. – Candidate of military sciences, head of research department*

*Zolotarev Michael L. – Candidate of military sciences, senior researcher, senior researcher of researching department*

*Krasnov Vasily S. – Candidate of military sciences, senior researcher, senior researcher of researching department*

*Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev,  
Saint-Petersburg*

Abstract. Discusses the importance of spatial and resource potential of the Russian Arctic in the current geopolitical environment. The growth of the world's conflicts makes it necessary to pay more attention to the protection of national interests in this complex and important region.

Keywords: Arctic, resources, defense, economy, infrastructure, coordination, safety.

Арктические территории и акватории России являются важнейшим пространственным и ресурсным резервом, внимание к которому будет только возрастать.

За прошедшие годы в Арктике были найдены большие запасы нефти (до 30 процентов мировых запасов) и газа (до 13 % мировых запасов), а также залежи алмазов, платины, золота, олова, марганца, никеля и свинца. Изменяющиеся климатические условия облегчают доступ к разработке и добыче полезных ископаемых. По некоторым

оценкам общая стоимость полезных ископаемых в Арктической зоне России может достигать до 30 триллионов долларов. А вообще Арктика дает 11 % национального дохода России.

Климатические условия в начале XXI века изменились, добывать газ и нефть в Ледовитом Океане стало проще и страны как Арктические, так и такие далекие от Северного Полюса, как Индия или Китай, начали работать над политикой продвижения своих интересов в Арктике. Чаще стали звучать призывы к России делиться морской территорией и ее ресурсами, сделать проход по Северному Морскому Пути свободным. Россия же начала активно защищать свои интересы.

В годы Советского Союза на побережье и островах Северного Ледовитого Океана было построено много аэродромов и военных баз. В 1990-х годах большинство из них было оставлено войсками и заброшено. По сути, на севере уцелела только военная база на Новой Земле, поскольку на ней располагается единственный ядерный полигон России.

Положение осложняется тем, что при ратификации Конвенции по морскому праву Российская Федерация потеряла около 1,5 млн. кв. км морского пространства, интерес к которому проявляют не только арктические страны.

Вооружённые Силы РФ за последние несколько лет активизировали восстановление военной инфраструктуры в Арктике. На базе сил и средств Северного флота создано новое Объединённое стратегическое командование (ОСК) «Север», которое окончательно будет сформировано до 2017 г. В частности, в Северный флот ОСК «Север» дополнительно войдут две арктические бригады Сухопутных войск. Задачами соединения станут: патрулирование прибрежной зоны, охрана объектов и территорий вдоль берегов северных морей и Северного Ледовитого океана, сопровождение кораблей по СМП и демонстрация российского военного присутствия в Арктике.

Не секрет, что российская Арктика находится под пристальным вниманием авиации, кораблей и подводных лодок стран НАТО. По мере укрепления нашего присутствия в регионе подобная активность будет только расти, поэтому российские возможности по предупреждению спорных ситуаций и устранению возможных угроз следует в Арктике укреплять. Геополитическое значение Арктики существенно повышается, и в основном это связано с климатическими изменениями, которые открывают перспективы для масштабной экономической деятельности в регионе. В связи с этим не исключено обострение международного соперничества за контроль над арктическими ресурсами и доступ в регион.

Россия планирует сохранить за собой главную роль в Арктике, однако отстаивать на переговорах свои права на морские акватории, часть континентального шельфа и природные ресурсы становится все сложнее. Руководство страны, объявив Арктику «зоной мира», вместе с тем, намерено усилить военное присутствие в районах, имеющих жизненно важное значение, как с точки зрения экономики, так и национальной безопасности.

Российские интересы в Арктике сосредоточены в нескольких областях.

**Во-первых**, это экономика, ведь регион обеспечивает около 11% национального дохода, имея возможности существенно повысить данный показатель в системе хозяйства нашей страны.

**Во-вторых**, это безопасность. В Арктике расположены предприятия оборонной промышленности, базы Северного флота и объекты военной инфраструктуры, кроме того, государственная граница России на протяжении 20 тысяч километров проходит по Северному Ледовитому океану. Не менее важными, хотя и менее критичными для безопасности страны, являются научные и природоохранные интересы.

Новые инициативы России в Арктике получили практическое воплощение, прежде всего, в военной области. Следует отметить, что российские программы по модер-

низации вооруженных сил и увеличению военного присутствия в арктической зоне не направлены против каких-либо государств региона, хотя подобные опасения имеются у зарубежных партнёров. Отвечать за развитие арктических территорий в России будет специально созданное ведомство.

Создание Арктических войск России началось в 2014 году. Новое соединение получило официальное название «Северный флот - Объединенное стратегическое командование» (СФ - ОСК) и по статусу окажется на уровне военного округа.

В Арктические войска должны войти Северный флот ВМФ России, 200-я мотострелковая бригада в Печенге, а также 40-я бригада морской пехоты Тихоокеанского флота на Камчатке. Возможно создание двух дополнительных «арктических» бригад. Основу Арктических войск и общее командование будет осуществлять Северный флот.

В качестве мест базирования Арктических войск предполагаются Архангельская и Мурманская области. Планируется также размещение военных баз на Новой Земле и Земле Франца-Иосифа.

Завершено формирование 80-й отдельной арктической мотострелковой бригады в посёлке Алакуртти Мурманской области, а вторую арктическую бригаду – 200-ю отдельную мотострелковую – планируется развернуть в Печенге (ЯНАО). До конца 2016 года планируется завершить создание военной группировки на о. Котельном (архипелаг Новосибирские острова).

Также идет восстановление арктических аэродромов. Такие работы ведутся на Новосибирских островах, в Воркуте, Нарьян-Маре, Норильске (Алыкель), Амдерме, Рогачёве, Нагурском и др. Будет перестроен аэропорт совместного базирования в Нарьян-Маре и еще целый ряд аэродромов (рис. 1).



*Рисунок 1 – Арктические аэродромы России*

В связи с вышесказанным, необходимое усиление и развитие получит также военно-морской флот.

В настоящее время Северный Флот включает в себя определённое количество частей и соединений.

Всего на вооружении СФ находятся 24 атомные подводные лодки (из которых 7 с баллистическими, 4 с крылатыми ракетами на борту) и 6 дизельных. Надводные силы представлены тяжелыми атомными ракетными крейсерами «Петр Великий» и «Адмирал Нахимов», ракетным крейсером «Маршал Устинов», авианесущим крейсером «Адмирал Кузнецов», эсминцем «Адмирал Ушаков»; большими противолодочными кораблями «Адмирал Чабаненко», «Адмирал Левченко», «Североморск», «Вице-адмирал Кулаков» и «Адмирал Харламов». Фрегат «Адмирал Горшков» проходит испытания. Так-

же есть 6 малых противолодочных и 3 малых ракетных корабля; 9 тральщиков и 4 десантных корабля.

В состав частей боевого и тылового обеспечения входят подразделения разведки, радиоэлектронной борьбы, связи и наблюдения.

Тыл флота включает центр материально-технического обеспечения, отряд судов обеспечения, Аварийно-Спасательную службу и другие части, включая Гидрографическую службу.

Но ОСК это не только корабли и самолеты, но еще и подразделения Береговых и Сухопутных войск. На Камчатке и Чукотке находятся подразделения Объединенного Командования Войск и Сил на Северо-Востоке России (ОКВС), являющихся объединением Тихоокеанского Флота.

Для проводки судов (в том числе военных) по Северному морскому пути строятся три атомных ледокола. Первый из них будет готов в 2017 г., еще два планируется сдать в эксплуатацию в 2019 и 2020 г.г.

В последнее время набирают ускоренные темпы работы по восстановлению транспортной и военной инфраструктур в Российской Арктике, для чего в первую очередь реализуется программа замены оружия и военной техники армии России в Арктике.

В настоящее время формируется ряд подразделений ВВС и ПВО, которые размещены на строящихся военных аванпостах. Авиация получает новые модернизированные противолодочные самолеты Ил-38Н. В 2015 году был сформирован второй корабельный авиаполк, полностью вооруженный палубными истребителями МиГ-29КР. Авиация ПВО получает модернизированные МиГ-31БМ. Существуют планы развертывания на Камчатке гидроаэродрома для самолетов Бе-200.

После окончания реконструкции аэродромов следует ожидать развертывания новых авиационных частей ПВО. В 2017 году будут размещены истребители МиГ-31 на аэродромах в Тикси, в Анадыре и на Новой Земле. Стоит ожидать и развертывания новых частей фронтовой авиации с бомбардировщиками Су-34 и штурмовиками Су-30СМ. На Камчатке и Чукотке развернута эскадрилья, вооруженная беспилотными летательными аппаратами «Орлан-10» и «Форпост»; другое аналогичное подразделение развернуто на Кольском полуострове.

Арктический регион становится зоной длительного геополитического соперничества. При этом государства будут демонстрировать все меньшую готовность к компромиссам в отстаивании своих национальных интересов в международных организациях. Активизация НАТО в Арктике приведет к переконфигурации отношений в сфере безопасности и сформирует для России новые вызовы и возможности.

Россия, стремясь к решению противоречий политико-дипломатическим путем, должна иметь военный потенциал, достаточный для защиты ее национальных интересов в этом регионе. В соответствии с Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу в Арктической зоне Российской Федерации создаются группировки войск (сил) общего назначения Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов (в первую очередь пограничных), способных обеспечить военную безопасность в различных условиях военно-политической обстановки. Важное значение при этом имеет укрепление военной инфраструктуры. Решения и меры по восстановлению на Севере России сплошного радиолокационного поля, аэродромной сети, сетей метеорологического и гидрографического наблюдения, создание группировок войск и сил флота арктической зоны действия и начало их активной боевой подготовки являются ответом на существующие риски и вызовы национальной безопасности России в этом регионе.

### Список литературы

1. Иванов Г.В. Северный морской путь и объекты двойного назначения в эпоху глобального развития // Материалы конференции «Арктика-2015». Мурманск. 2015.
2. Селин В.С., Козьменко С.Ю., Медведев Н.А. Согласование экономической и оборонной деятельности в Арктике с позиций регионального присутствия // Вестник Мурманского государственного технического университета. Т. 13. 2010. № 1.
3. Справка о комплексном проекте развития Северного морского пути [Электронный ресурс], <http://govement.ru/info/18405/>.
4. Транспортно-инфраструктурный потенциал Российской Арктики / Е.П. Башмакова, В.В. Васильев, С.Ю. Козьменко [и др.]; Апатиты: ИЭП КНЦ РАН. 2013.

УДК 338.47:656 (98)

## АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АРКТИКИ

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

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

**Сундуков Евгений Юрьевич** – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта

**Фомина Ирина Валерьевна** – научный сотрудник лаборатории проблем транспорта

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

Аннотация. Проведен анализ функционирования и развития транспортной системы западной части Арктики, включая Северный морской путь. Исследовано текущее состояние морских и речных портов, внутренних водных путей, а также рассмотрены проекты по их модернизации.

Ключевые слова: транспортная система, функционирование, развитие, Северный морской путь, порты, Западная Арктика

## ANALYSIS OF THE FUNCTIONING AND DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT SYSTEM OF THE WESTERN PART OF THE ARCTIC

*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*

*Syndykov Evgeny U. – PhD, senior researcher of the Laboratory of transportation problems*

*Fomina Irina V. – researcher of the Laboratory of transportation problems  
Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences*

Abstract. Held analyz the functioning and development of transport system of the western Arctic, including the North Sea Route. Studied the current state of the sea and river ports, inland waterways, and also discussed projects for their modernization.

*Keywords:* transport system, functioning, development, Northern Sea Route, ports, Western Arctic

Под западной частью российской Арктики в работе понимаются океаническое и морское пространство (в т.ч. территории и архипелаги Северного Ледовитого океана), ограниченное с запада меридианом 32°04'35'', с востока – Карским морем [1], а также континентальная территория, определяемая Указом Президента РФ №296 от 2 мая 2014 г. «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации», в которую частично или полностью входят Мурманская и Архангельская области, республики Карелия, Коми, Ненецкий и Ямало-Ненецкий автономные округа.

Активизация хозяйственной деятельности в Арктике предъявляет повышенные требования к наличию и функциональным характеристикам объектов транспортной системы, одной из составных частей которой является Северный морской путь (СМП). Согласно Федеральному закону №133-ФЗ от 28.07.2012 г. СМП проходит между Карскими Воротами (западная граница) и мысом Дежнева (восточная граница) имея протяженность порядка 2500 морских миль (около 4600 км) (см. Федеральный закон №132-ФЗ от 28.07.2012 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственного регулирования торгового мореплавания в акватории Северного морского пути»). Его высокая значимость определяется необходимостью соблюдения интересов национальной безопасности страны в Арктическом регионе, обеспечением освоения арктических месторождений природных ресурсов, обслуживанием социально-значимого северного завоза в отдаленные населенные пункты, развитием каботажных и транзитных перевозок.

*Объемы перевозок по Северному морскому пути.* Увеличение объема перевозок по СМП зависит от освоения и ввода в эксплуатацию новых месторождений природных ресурсов и, в меньшей степени, от транзита. В последние годы наблюдается рост объемов перевозок по СМП. Если в 2014 г. он составлял 3,9 млн. т, то в 2015 г. – 5,47 млн. т (максимальный объем перевозок приходился на 1987 г. – 6,5 млн. т [2]). Среди грузов перевезенных в 2015 г. 74% (4 млн. т) составили генеральные грузы; 15,9% – нефть и нефтепродукты; 6,6% – уголь; 2,5% – газоконденсат; 1% – руда. Значительная часть генеральных грузов направлялась на строительство порта Сабетта и завода по производству сжиженного природного газа (СПГ), расположенного рядом, а также на обустройство шельфовых месторождений нефти и газа. Около 1,5 – 2,5 млн. т перевозилось в рамках «северного завоза».

Транзитные перевозки в 2015 г. упали в 6,9 раза по сравнению с 2014 г. от 274 тыс. т до 39,6 тыс. т. При этом в 2014 г. осуществлено 23 транзитных рейса (часть в балласте), а в 2015 г. – 18.

*Перспективы развития инфраструктуры СМП* в настоящее время связаны с:

- осуществлением проектов по модернизации существующих морских портов (учитывающее изменение грузопотока);
- строительством новых инфраструктурных объектов на арктическом побережье, включая подходные железнодорожные, автомобильные и речные пути к портам северных морей России;
- созданием и развитием сети опорных и вспомогательных портов на СМП, которые позволят реализовать стратегические интересы России, в том числе в арктической и приарктической зонах;
- осуществлением дноуглубительных работ на основных речных подходах к СМП.

*Морские порты Западной части Арктики.* Порты, расположенные в западной части Арктики (Мурманск, Кандалакша, Витино, Онега, Архангельск, Мезень, Нарьян-Мар, Варандей, Сабетта, Дудинка, Диксон, Хатанга), находятся в ведении ФГБУ «Ад-

министрация морских портов Западной Арктики». Их суммарный грузооборот за 2015 г. составил около 35 млн. т. Наиболее мощными из них являются порты: Мурманск (22 млн. т), Варандей (6,6 млн. т), Архангельск (3,8 млн. т), Дудинка (1,2 млн. т), Канда-лакша (0,8 млн. т). Суммарный грузооборот остальных портов – менее 1 млн. т.

Часть рассматриваемых портов является специализированными, т.е. приспособлены к обработке в основном одного вида грузов, таких как навалочные (Кандалакша), наливные (Варандей, Витино), лесные (Онега), сжиженный природный газ (через Сабетту после запуска завода на Ямале). Остальные порты являются универсальными, т.е. могут обрабатывать различные виды грузов.

Самым большим портом на рассматриваемой территории является *порт Мурманск* – составная часть Мурманского транспортного узла. Являясь глубоководным и незамерзающим портом, он осуществляет круглогодичную перевалку грузов в западном и восточном направлениях. Порт способен принимать навалочные суда дедевейтом до 160 тыс. т, танкеры – до 150 тыс. т, сухогрузы – до 20 тыс. т, контейнеровозы – до 40 тыс. т.

В настоящее время значительную долю в грузообороте составляют грузы, идущие на экспорт. К ним относятся: уголь из Кузбасса; нефть из Приразломного и Новопортовского месторождений через танкер-нефтехранилище «Умба» (вместо танкера «Белокаменка») дедевейтом более 300 тыс. т; удобрения. Также через порт осуществляется перевалка фанштейна (медно-никелевого сырья) из порта Дудинка на обогатительные фабрики горно-металлургического комбината (ГМК) «Норильский никель». Необходимо отметить, что ожидается рост объемов перевозок в связи с тем, что ГМК «Норильский никель» постепенно переводит потоки своих грузов из порта Архангельск в Мурманск.

В отличие от Мурманска, остальные порты на рассматриваемой территории являются замерзающими, а небольшие глубины требуют обустройства подходных каналов, что обуславливает дополнительные затраты.

Вторым по мощности универсальным *портом* является *Архангельск*, расположенный в устье р. Северная Двина. Через него осуществляется перевалка лесных грузов, бумаги, нефтепродуктов, угля, контейнеров и др. на экспорт, импорт и в каботажном направлении. Пропускная способность грузовых терминалов порта составляет около 11 млн. т в год (ФГУП «Росморпорт» URL [http:// www.rosmorport.ru](http://www.rosmorport.ru)), в том числе наливных – 5,2 млн. т, сухих – 5,4 млн. т. При этом, если в 2013 г. грузооборот составил 5,26 млн. т (в том числе речные грузы – 0,58 млн. т), то в 2015 г. – 3,8 млн. т.

Около половины объема перевалки приходится на ОАО «Архангельский морской торговый порт» мощностью до 4,5 млн. т грузов в год (в 2015 г. – 1,6 млн. т). Крупнейший акционер – ГМК «Норильский никель» – в конце 2015 г. выставил почти 75% акций на продажу, выводя грузопотоки (около 0,5 – 0,8 млн. т) из порта.

Если Мурманский порт характеризуется большими объемами перевозок навалочных, насыпных и наливных грузов судами большой грузоподъемности в основном на экспорт, то в Архангельском порту значительная доля приходится на каботажные грузы в адрес портов и портопунктов, расположенных в акватории Северного морского пути, а также месторождений по добычи нефти и газа.

Значительная часть грузов поступает в порт по железной дороге, в том числе нефть и нефтепродукты со станции Приводино, где происходит перевалка нефти с трубопровода в железнодорожные цистерны. Подъезд к Архангельску лимитирует ограниченная пропускная способность железной дороги в связи с тем, что участок Обозерская – Архангельск является однопутным. В настоящее время при профиците мощностей порта, железнодорожные подъезды остаются «узким местом» для обслуживания крупных машиностроительных объектов, предприятий и организаций Архангельска и Северодвинска.

*Порты Белого моря (Кандалакша, Онега, Беломорск)* имеют железнодорожные подходы. Так, через *порт Кандалакша* осуществляется отправка кузбасского угля (около 0,5 млн. т – 2013 г., около 0,8 млн. т – 2014 г.). Порт способен принимать суда дедвейтом до 75 тыс. т на причалах проектной глубиной до 7,5 м.

В *порт Онега* по железной дороге поступают экспортные лесоматериалы в пакетах (168 тыс. куб. м – 2015 г.), генеральные и наливные грузы. Порт оборудован причалами проектной глубиной до 6,1 м.

В *морском терминале Беломорск* (порта Онега) осуществляется в основном обработка транзитных судов для чего имеются причалы проектной глубиной 3 м. Терминал располагается на пересечении железнодорожного, автомобильного, морского и речного (начало Беломорско-Балтийского канала) видов транспорта.

*Порты Баренцева моря (Нарьян-Мар, Варандей)* являются замерзающим, их навигация носит сезонный характер. *Порт Нарьян-Мар* расположен в устье р. Печора и способен принимать суда длиной до 114 м и осадкой до 3,6 м. Грузооборот порта составил около 135 тыс. т в 2015 г. (около 50 тыс. т – 2014 г.). Основные обрабатываемые грузы – генеральные и навалочные. Порт имеет удаленный *морской терминал Амдерма*, расположенный в юго-западной части Карского моря в границах акватории СМП, способен принимать суда длиной до 75 м и осадкой до 1,6 м, что значительно ниже требований для океанских судов.

*Порт Варандей* состоит из нескольких участков. На участке «Внутренняя акватория» располагается причально-перегрузочная набережная, способная принимать суда дедвейтом до 3500 т, длиной не более 120 м и осадкой до 3,5 м. Участок «Внешняя акватория» представляет собой стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал, где осуществляется перевалка нефти на суда с осадкой до 14,2 м и длиной до 258 м.

*Модернизация действующих и строительство новых морских портов Западной части Арктики.* Модернизация необходима как морским портам, непосредственно находящимся на трассах СМП (например, Амдерма), так и обеспечивающим его функционирование (Мурманск и Архангельск). При этом следует учитывать, что морские порты Мурманск и Архангельск (находящиеся в Европейской части РФ), обладают рисками в виде наличия «узких мест», ограничивающих провозные способности железнодорожных подходов к этим портам, кроме этого для порта Мурманск – близость государственной границы. В этой связи строительство новых морских портов, способных стать опорными для СМП, расположенными в отдалении от государственной границы РФ, является важной задачей развития арктической транспортной системы страны. В качестве таковых рассматриваются развитие морских портов Сабетта и Индига.

Существует проект комплексного развития Мурманского транспортного узла, который включает в себя: реконструкцию угольного терминала Мурманского морского торгового порта мощностью 9,6 млн. т; строительство угольного терминала на западном берегу Кольского залива мощностью 20 млн. т; строительство нефтяного терминала мощностью 35 млн. т; строительство контейнерного терминала на восточном берегу мощностью 1 млн TEU. Для обеспечения этого предусматривается строительство железнодорожной линии от ст. Выходной до района Лавна на западном берегу залива, а также реконструкция существующей железнодорожной линии от Волховстроя до Мурманска, в том числе устранение однопутков. Стоимость проекта – 132,3 млрд. руб., в том числе 56,6 млрд. руб. – средства федерального бюджета, 75,7 млрд. руб. – внебюджетные источники [3].

Развитие Архангельского транспортного узла связано с проектом строительства глубоководного порта «Северный» мощностью 28 – 30 млн т грузов в год и стоимостью 30 – 32 млрд. руб. Реализация проекта должна осуществляться в комплексе с другим проектом – строительством железнодорожной магистрали «Белкомур», стоимостью не менее 175 млрд. руб. Однако появление, как указывалось выше, избыточных мощно-

стей в порту Архангельск, откладывает реализацию строительства нового порта на неопределенный срок.

Имеется проект строительства нового порта Беломорск мощностью 9 млн. т (8 млн. т – кузбасский уголь, 1 млн. т – генеральные грузы) стоимостью 9,5 млрд. руб. Глубина подходного канала и акватории в 12,5 м позволит принимать суда дедвейтом свыше 75 тыс. т.

Разрабатывается проектная документация по реконструкции Нарьян-Марского морского торгового порта по окончании которой он сможет обрабатывать 175 тыс. т навалочных, 140 тыс. т генеральных, а также 35 тыс. т. контейнерных грузов.

В настоящее время введен в эксплуатацию порт Сабетта, расположенный в Обской губе на восточном берегу полуострова Ямал. Порт построен в рамках реализации проекта «Ямал СПГ» по добыче, сжижению и вывозу природного газа. Здесь способны обрабатываться сухогрузы (дедвейтом до 20 тыс. т), навалочные суда (дедвейтом до 40 тыс. т), танкеры и газозовы (дедвейтом до 150 тыс. т). Длина судов не должна превышать 250 м, а осадка – до 10 м в пресной воде. В связи с малыми глубинами Обской губы предусмотрен морской подходной канал длиной 48,9 км, шириной 495 м, а также подходной канал в акваторию порта длиной 5,6 км и шириной 495 м. В обоих каналах отметка дна составляет 15,1 м.

Существует проект, по которому Сабетта должна быть ориентирована не только на экспорт газа, но и на другие грузы. Для этого предусматривается строительство однопутной железной дороги необщего пользования на тепловозной тяге от станции Бованенково до Сабетты длиной около 170 км. Объем планируемых инвестиций превышает 113 млрд. руб., а срок реализации – конец 2019 г. Железнодорожная ветка позволит соединить Северный широтный ход с СМП, что обеспечит более короткий путь для грузов с Урала. Однако в связи с отсутствием федерального финансирования строительство Северного широтного хода не осуществляется, поэтому в порт Сабетта смогут поступать грузы с территории Европейской части России, например уголь из Печорского бассейна.

К перспективным проектам, осуществление которых положительно скажется не только на экономическом развитии страны, но и на национальной безопасности, относится и проект строительства порта в бухте Индига. Бухта Индига, благодаря своим берегам, защищена от действий ветров всех направлений и в естественном состоянии допускает стоянку океанских судов с осадкой 10-11 м. Водная территория порта, площадью 22 кв. км и значительная протяженность берегов, удобных для устройства причалов, дают неограниченные возможности для развития порта. При этом, имея выход в океан, порт располагается на достаточном удалении от границы. Предполагается строительство к Индиге газопроводов от Кужминского и Коровинского месторождений по проекту «Печора СПГ» (проектной мощностью 4 млн. т в год), нефтепроводов от Харьягинского месторождения (проектной мощностью 12 млн. т в год) [4], завода СПГ, нефтеперерабатывающего завода, нефтяного и контейнерного терминалов.

Сухопутная связь порта будет осуществляться посредством однопутной железной дороги на тепловозной тяге Сосногорск – Индига (проект «Баренцкомур»), что сократит дальность перевозки грузов из Среднего Урала и Сибири к СМП на 250 км по сравнению с Архангельском [5,6]. Оценочная стоимость строительства порта Индига составляет 120 млрд. руб., а железной дороги к нему – около 140 млрд. руб.

*Речные порты Европейского Северо-Востока и Приуральской Арктики.* Котласский порт – филиал ОАО «Северное речное пароходство» (перевозка песка, песчано-гравийной смеси (ПГС), лесоматериалов); Печорский речной порт (перевозка навалочных, тарно-штучных грузов и грузов в контейнерах, гравия, песка, щебня, ПГС); Салехардский речной порт (перевозка нефтепродуктов, генеральных грузов, нерудно-строительных материалов, щебня и песка).

На большей протяженности Северной Двины обеспечивается гарантированный габарит глубиной – 150 см, Вычегды – 110 см, Печоры – 120 см, на участке Оби, относящемся к Приуральскому Северу, – 300 см. На реке Сухона имеется лимитирующий участок протяженностью 75 км от п. Михайловка Вологодской области до Великого Устюга, на котором гарантированная глубина составляет 100 см, в то время как выше по течению от Вологды до Михайловки гарантированные глубины изменяются в пределах 130 – 170 см. На протяжении водного пути от Череповца до Беломорска (Волго-Балтийский и Беломорско-Балтийский каналы) поддерживаются гарантированные глубины 380 – 400 см.

*Дноуглубительные работы на внутреннем водном транспорте Европейского Северо-Востока.* Основной проблемой внутреннего транспорта является обмеление рек. Реализация мероприятий по проведению дноуглубительных работ в целях обеспечения безопасности судоходства осуществляется в рамках федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России», при этом предоставление субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов на софинансирование аналогичных мероприятий не предусмотрено.

На реке Печора эксплуатационные дноуглубительные работы в настоящее время производятся лишь на участке от города Печора до села Усть-Уса. Стоимость одного километра дноуглубительных работ составляет в среднем 5 млн. руб.

Чтобы сохранить водные перевозки там, где они не имеют альтернативы, следует использовать суда с малой осадкой, а также перспективные средства водного транспорта. Необходимо задействовать средства водного транспорта в логистических схемах перевозки совместно с другими видами транспорта с учетом сезонности и других факторов.

В период с 1950 г. по 1991 г. дноуглубительные работы позволяли доводить глубины на основном ходе Северной Двины до 1,7 – 2,15 м на различных участках. Восстановление дноуглубительных работ будет одним из решающих факторов возвращения грузопотоков на северные реки.

С этой целью предлагается увеличить гарантированный габарит до следующих значений:

1. На участке реки Северная Двина протяженностью 75 км от г. Великого Устюга до г. Котласа от 100 см до 150 см;
2. На участке реки Северная Двина протяженностью 515 км от г. Котласа до с. Усть-Пинега от 150 см до 170 см;
3. На участке реки Северная Двина протяженностью 47 км от устья реки Уйма до г. Архангельска от 150 см до 170 см;
4. На участке реки Печора протяженностью 779 км от г. Печора до г. Нарьян-Мара от 120 см до 150 см;
5. На участке реки Мезень протяженностью 160 км от устья реки Вашка до г. Мезень от 70 см до 120 см;
6. На участке реки Вычегда протяженностью 418 км от г. Сыктывкара до г. Котлас от 110 см до 150 см.

Общая стоимость работ составит около 10 млрд. руб.

**Резюме.** Транспортная инфраструктура Северного морского пути направлена в основном на обеспечение добычи и вывоза полезных природных ископаемых. Наличие только одного действующего глубоководного порта Мурманск, расположенного вдали от основных месторождений, определяет специфику его работы – вывоз грузов на экспорт, поступающих как по воде, так и по железной дороге, судами большой грузоподъемности. Побережье остальных действующих портов, расположенных в акватории Северного морского пути, относительно мелководно, поэтому они оборудуются подходящими каналами или принимают только суда с малой осадкой. В настоящее время же-

лезнодорожное сообщение имеют только порты Белого моря, а для вновь создаваемых портов (Сабетта, Индига) необходимо строительство новых железнодорожных подходов.

#### *Список литературы*

1. Козьменко С.Ю., Афанасьев Р.А. Пространственная организация регионального хозяйства при освоении арктических ресурсов углеводородов // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. 2013. № 4. С. 97-104.
2. Половинкин В.Н, Фомичев Ф.Б. Перспективное направление и проблемы развития Арктической транспортной системы Российской Федерации в XXI веке // Арктика: экология и экономика. 2012. № 3 (7). С. 74-83.
3. Зайков К.С. «Арктическая конкуренция» морских транспортных узлов: столкновение бизнес-интересов или игра на выбывание? // Арктика и Север. 2015. № 9. С. 35-55.
4. Глухарева Е.К. Перспективы добычи и транспортировки нефтегазовых ресурсов запада российской Арктики // Проблемы прогнозирования. 2011. № 5. С. 65-75.
5. Киселенко А.Н. О развитии транспортной системы Европейского Севера России // Региональная экономика: теория и практика. 2014. № 11 (338). С. 2-11.
6. Киселенко А.Н., Малащук П.А. Сценарии развития наземного транспорта Европейского Северо-Востока и Приуралья Севера // Мир транспорта. 2015. № 4 (59). С. 138-153.

*УДК 656.613.1*

## **РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПОРТОВ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОСТИ МОРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ИНТЕРЕСАХ ВС РФ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

*Пучков Владимир Николаевич – старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела (исследования проблем транспортного обеспечения войск (сил)) Научно-исследовательского института Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, г. Санкт-Петербург*

*Аннотация.* Показано современное состояние, перспективы развития Северного морского пути, арктических портов и их влияние на обеспечение непрерывности морских перевозок в интересах ВС РФ в условиях чрезвычайных ситуаций.

*Ключевые слова:* Арктика, Северный морской путь, запасной морской перегрузочный район, портовая инфраструктура.

## **DEVELOPMENT OF PORTS INFRASTRUCTURE IN THE ARCTIC REGION AND THEIR IMPACT ON THE CONTINUITY OF MARITIME TRANSPORT IN THE INTERESTS OF THE ARMED FORCES OF RUSSIAN FEDERATION IN EMERGENCY SITUATIONS**

*Puchkov Vladimir N. – Senior Researcher of the Research Department (research of problems of transport maintenance of troops (forces)) scientific-research institute (TNI MTO the armed forces of Russian Federation) of Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev, Saint-Petersburg*

*Abstract. Reveals the modern condition and prospects of development of the Northern sea route, Arctic ports and their impact at the ensuring the continuity of Maritime transport in the interests of the armed forces in emergencies.*

*Keywords: Arctic, the Northern sea route, a spare marine cargo district, port infrastructure.*

Богатая разнообразием полезных ископаемых и уникальная по своей географии Арктическая зона, принадлежащая России, находится на пути непрерывного освоения и развития. Огромное значение в этом процессе имеют формирование и дальнейшее совершенствование транспортных путей. Развитие транспорта здесь обоснованно и обязательно, ведь этот регион – один из самых богатых по основным запасам целого ряда полезных ископаемых, играющих не последнюю роль в развитии экономики всей страны.

Основной транспортной магистралью в Арктике является Северный морской путь (СМП). Он объединяет в общую транспортную сеть европейские и дальневосточные порты, крупнейшие речные артерии Сибири и обслуживает основные порты Арктики.

Дальнейшее развитие СМП можно считать одной из первостепенных для России задач XXI века. В прямой зависимости от его функционирования находится возможность решения ряда важнейших для национальных интересов государства оборонных, экономических, геополитических, научных, экологических и социальных задач. В частности, СМП обеспечивает доступ к месторождениям полезных ископаемых Европейского Севера, Сибири и Дальнего Востока и позволяет кратчайшим водным путем соединить порты Европы и стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Из-за глобального потепления повышается интенсивность освоения месторождения полезных ископаемых в арктической зоне и, соответственно, оживляется судоходство по Северному морскому пути.

Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу ставят задачу превратить ресурсный потенциал российской арктической зоны в материальную основу решения актуальных проблем социально-экономического развития страны и сделать Северный морской путь постоянно действующей национальной транспортной артерией, открытой для международного судоходства.

В целом, современное состояние СМП можно охарактеризовать как начальный этап возрождения его инфраструктуры, связанной, главным образом, с обороноспособностью России и морским экспортом нефти и газа.

В настоящее время эксплуатация СМП осуществляется в соответствии с федеральными законами, международными договорами Российской Федерации и правилами плавания по трассам СМП, утвержденными правительством Российской Федерации. Целями государственной политики в Арктике стали обеспечение безопасности мореплавания в морских портах и на подходах к ним, а также формирование инновационной инфраструктуры морских портов, интеграции их в транспортные узлы при стимулирующей роли государства по их комплексному развитию.

Необходимо отметить, что комплекс принятых нормативно-правовых и организационных мер по развитию СМП уже дает свои положительные результаты. Одним из таких важнейших шагов на пути к дальнейшему совершенствованию портовой инфраструктуры Арктического региона, на наш взгляд, является продолжение развития транспортных узлов крупных городов и агломераций Северо-Запада и Дальнего Востока на основе комплексного мультимодального подхода, а также начало практической реализации планов обустройства портовой инфраструктуры СМП. Это, в частности, за-

вершение работы по созданию четырех арктических базовых пунктов, ввод в эксплуатацию объектов первой очереди арктического морского порта Сабетта на Ямале.

Возникновение сложных условий выполнения морских и речных перевозок в интересах ВС РФ в современной войне, чрезвычайных ситуациях вызывают необходимость заблаговременной подготовки основных объектов транспорта, в т.ч. крупных (внекатегорийных) и средних (1 и 2 категории) портов.

Для успешного развития российских арктических портов необходимо выполнение ряда важных мероприятий.

Во-первых, формирование благоприятных условий. Имеется в виду создание автодорожной и железнодорожной сетей, использование природных водных путей для ускорения освоения отдаленных и труднодоступных для других видов транспорта районов, развитие авиационных перевозок в регионе.

Мощным стимулом развития портового комплекса может стать комплексное развитие транспортной и производственной инфраструктуры региона, которое позволит сформировать на его территории зоны опережающего роста.

Во-вторых, обеспечение комплексного характера развития береговой инфраструктуры. При планировании и реализации мероприятий по развитию как СМП, так и его портовой инфраструктуры следует учитывать долгосрочный характер их использования.

В-третьих, развитие портовой инфраструктуры должно учитывать наличие и перспективы изменения грузовой базы. Перспективные объемы перевозок по СМП будут связаны с освоением нефтегазовых месторождений на полуострове Ямал, в бассейнах рек Обь и Енисей, а также в примыкающих к СМП районах Баренцева моря.

Кроме того, необходимо создание благоприятной окружающей социально-промышленной среды. Нужно обеспечить портам надежные круглогодично действующие сухопутный/авиационный транспорт и связь, увязанные в единую телекоммуникационную сеть вдоль трассы СМП. При этом арктические порты должны быть подключены к глобальной морской системе связи и иметь службы аварийного наблюдения для оперативного определения координат и государственной принадлежности терпящих бедствие судов и самолетов.

Немаловажно и судовое обеспечение портовой деятельности. Без строительства вспомогательных и портовых дизельных ледоколов не только строительство новых портов и терминалов, но и деятельность имеющихся окажутся невозможными.

Должного внимания необходимого к принятию мер заслуживают проблемы энергетического, кадрового обеспечения портов, а также общий подход к выбору конструктивных решений по объектам.

Таким образом, дальнейшее развитие портовой инфраструктуры Арктического региона возможно только при учете вышеперечисленных фактов и осуществлении соответствующих мероприятий, которое оказывает непосредственное влияние на обеспечение непрерывности морских перевозок в интересах ВС РФ в условиях чрезвычайных ситуаций.

Рост технической оснащённости Вооружённых Сил, других войск, воинских формирований и органов РФ, изменение форм и способов ведения вооружённой борьбы, реальная угроза применения противником современных средств поражения в рамках концепции «мгновенного глобального удара» и ведения «гибридной войны», увеличение объёма стратегических перегруппировок войск (сил), воинских перевозок материальных средств и эвакуационных перевозок, появление новых технологий в организации и выполнении перевозочного и погрузочно-выгрузочного процессов при комплексном использовании всех видов транспорта, в значительной мере повышают роль запасных морских перегрузочных районов в обеспечении непрерывности воинских перевозок.

Исследования, проведённые в ряде КНИР и на СКШУ последних лет убедительно доказали, что сухопутные пути сообщения, являющиеся важнейшим объектом воздушно-космической операции противника и действий различного рода террористических групп (в гибридной войне), техногенных катастроф, безусловно, подвергнутся воздействию, и их работа будет систематически нарушаться. В этих условиях значительный объём воинских перевозок может «взять на себя» морской транспорт.

Кроме того, в результате воздействия противника, последствий техногенного характера возможности морского транспорта могут снизиться на 70-80%, а перерывы в работе основных портов погрузки (выгрузки) могут составить до 3-4 суток и более, а в некоторых случаях работа основных морских портов может быть остановлена полностью. В этих условиях, для обеспечения непрерывности перевозочного процесса, наряду с проведением мероприятий по техническому прикрытию морских и внутренних водных коммуникаций, потребуется организация запасных морских перегрузочных районов.

Развёртывание запасных морских перегрузочных районов связано, как правило, с проведением мероприятий по подготовке морских коммуникаций и внутренних водных путей, связанных с обеспечением сохранности флота, своевременным приёмом судов и производством погрузочно-выгрузочных работ. Основой запасных морских перегрузочных районов являются порты и портопункты, в подготовку которых положен принцип максимального рассредоточения основных грузовых участков и внедрения комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ.

Организация запасных морских перегрузочных районов позволит значительно сократить перерывы в перевозках войск (сил) и подвозе материальных средств, а также обеспечить согласованную работу всех видов транспорта в морских портах, входящих в состав ЗМПР по перегрузке войск (сил) и перевалке материальных средств с других видов транспорта на морской и обратно.

Проведённые исследования показали, что запасные морские перегрузочные районы (ЗМПР) как правило, должны создаваться на заранее подготавливаемых участках морского побережья в целях обеспечения непрерывности перевозок войск (сил), а также воинских грузов и грузов для обеспечения функционирования экономики Российской Федерации в военное время, чрезвычайных ситуациях в случае вывода из строя морских портов.

Для эффективной работы запасного морского перегрузочного района в его состав, как правило, должны включаться:

- порты и портопункты погрузки (выгрузки), специальные порты, портовые и рейдовые пункты со специально подготовленными для выгрузки и погрузки войск (сил) и воинских грузов причалами, оборудованными средствами механизации погрузочно-разгрузочных работ;

- примыкающие железнодорожные станции и подъездные железнодорожные пути к причалам для организации передачи материальных средств по прямому варианту: вагон – морское судно и наоборот;

- сеть внутрипортовых автомобильных дорог и подъездов к причалам для организации передачи материальных средств по прямому варианту: автомобиль – морское судно и наоборот, а также подъезды к складам временного хранения материальных средств и площадкам временного складирования грузов;

- другие сооружения, устройства и транспортные средства морского, речного, железнодорожного, автомобильного и трубопроводного транспорта (независимо от формы собственности), а также воинские части и организации, специальные формирования морского транспорта, необходимые для обеспечения работы ЗМПР.

Акватория и участок побережья ЗМПР должны иметь необходимое навигационное оборудование.

Основными требованиями, предъявляемыми к элементам ЗМПР, являются:

- постоянная готовность всех элементов ЗМПР к выполнению задач для установленных темпов перевозки войск (сил) и подачи материальных средств;
- минимальные сроки ввода в эксплуатацию всех элементов ЗМПР на установленные нормы перегрузки материальных средств по различным технологическим вариантам;
- наличие хорошо подготовленных железнодорожных и автомобильных подъездов к специализированным причалам в портах (портопунктах) ЗМПР;
- наличие свободной территории вблизи специализированных причалов для оборудования оперативных складов для временного хранения материальных средств;
- заблаговременное фортификационное оборудование портов (портопунктов), а также причалов в соответствии с их специализацией.

Анализ незначительного опыта выполнения воинских перевозок с использованием ЗМПР позволяет сделать вывод о том, что наиболее узким местом в развитии СМП являются порты со слаборазвитой инфраструктурой, что может оказать существенное влияние на подготовку и организацию работы ЗМПР в случае необходимости его развёртывания для обеспечения непрерывности воинских и специальных перевозок в интересах созданной Арктической группировки войск (ОСК «Северный флот»). Вот почему в Государственной программе развития СМП в первую очередь предусмотрено реконструкция действующих портов и строительство новых, с учётом военно-технических требований.

#### *Список литературы*

1. Мерзликин В.В. О перспективах развития портовой инфраструктуры Арктического региона. Значение Северного морского пути // Транспорт и логистика в Арктике. Альманах. 2015. № 1. С. 54-58.
  2. Костин Ю.А. Обеспечение безопасности судоходства в акватории Северного морского пути // Транспорт и логистика в Арктике. Альманах. 2015. 13 с.
- Золотарёв М.Л., Краснов В.С., Красий Н.Ю. Проблемные вопросы по подготовке и организации работы запасного морского перегрузочного района // Сборник научных трудов «Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооружённых сил Российской Федерации». 2016. С. 46-50.

УДК 519.816

## **О ПОДХОДЕ К ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЛИКВИДАЦИЕЙ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ТРАНСПОРТЕ**

**Черных Андрей Климентьевич** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

*Аннотация.* Предложен подход к синтезу информационной системы, реализующей оптимальное управление силами и средствами МЧС в условиях чрезвычайной ситуации регионального характера, характеризуемой ограниченными пропускными способностями сети автомобильных дорог региона. Предложенный для использования в этих целях математический аппарат, позволит вырабатывать решения, позволяющие оптимизировать продолжительность выдвижения сил и средств МЧС к пострадавшим в результате чрезвычайной ситуации объектам, и, таким образом, сократить сроки выполнения аварийно-спасательных работ на объектах, пострадавших в результате чрезвычайной ситуации регионального характера.

*Ключевые слова:* чрезвычайная ситуация, силы и средства МЧС, информационная система, оптимальное управление, математические модели, пропускные способности автомобильных дорог.

## ABOUT THE APPROACH TO OPTIMIZATION OF MANAGEMENT OF LIQUIDATION OF CONSEQUENCES OF AN EXTREME SITUATION ON TRANSPORT

*Chernykh Andrey K. – Doctor of Engineering, associate professor, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract.* The approach to synthesis of information system realizing optimum control by forces and means of EMERCOM in conditions of an extreme situation of regional character, network, characterized by limited throughputs, of highways of region is offered. Offered for use in these purposes the mathematical device, will allow to develop the decisions allowing to optimize duration of promotion of forces and means of EMERCOM to the injured as a result of an extreme situation objects, and, thus, to reduce terms of performance of under abnormal condition – saving jobs on objects, injured as a result of an extreme situation of regional character.

*Keywords:* an extreme situation, force and means of EMERCOM, information system, optimum control, mathematical models, throughputs of highways.

Будем рассматривать множество объектов региона, которые в результате произошедшей крупной чрезвычайной ситуации (ЧС), нуждаются в ликвидации последствий ЧС. Заметим, что сроки завершения работ по ликвидации последствий ЧС на указанных объектах зависят, как от сроков подачи на эти объекты материальных средств (огнетушащие вещества, в том числе и вода и т.д.), используемых при ликвидации последствий ЧС, так и от сроков прибытия на объекты подразделений МЧС. К факторам, определяющим сроки и объёмы подвоза на объекты указанных материальных средств, относятся: наличие автотранспорта, который может осуществить подачу материальных средств, используемых при ликвидации последствий ЧС; расположение складов и баз с запасами необходимых материальных средств; возможности автомобильных дорог в зоне ЧС обеспечить необходимые пропускные способности для указанных перевозок.

Приведённые обстоятельства свидетельствуют о необходимости создания информационной системы, которая в условиях учёта вышеуказанных факторов в рамках крупной чрезвычайной ситуации, будет осуществлять моделирование (при прогнозировании последствий ЧС) и расчёт (в рамках произошедшей ЧС) сроков завершения работ по ликвидации последствий ЧС на указанных объектах, что, с нашей точки зрения, является весьма актуальной задачей. Об актуальности создания этой системы свидетельствуют также публикации, посвящённые информационным системам, реализующим информационную поддержку принятия решений на применение сил и средств МЧС России [1,2].

Рассмотрим концепцию технологии реализации моделирования (расчётов) для структуры информационной системы, представленной на рисунке 1.

Дадим характеристику, представленной информационной системе, которая динамически (при каждом изменении любого из входных данных) реализует, в полном объёме, расчёты, (осуществляет моделирование) сроков завершения работ по ликвидации последствий чрезвычайной ситуации на сети автомобильных дорог в целях подготовки данных необходимых для принятия оперативных и обоснованных решений на

применение сил и средств МЧС России в ликвидации последствий чрезвычайной ситуации.

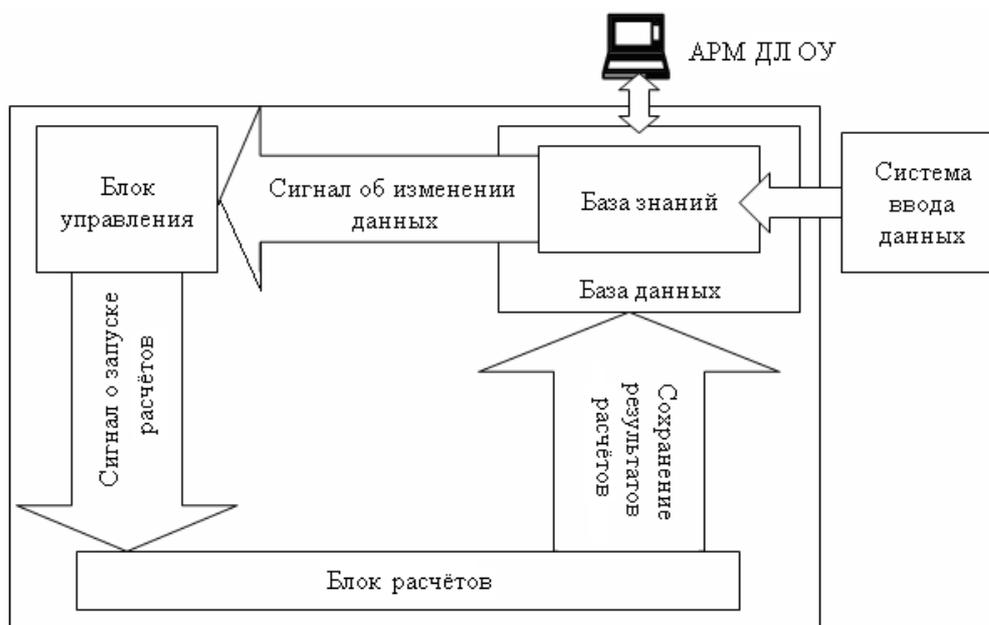


Рисунок 1 – Технология динамической реализации моделирования (расчётов) информационной системы

Приведём и охарактеризуем математические модели, предназначенные для автоматизации необходимых расчетов и составляющие основу блока расчетов информационной системы, которые должны реализовываться с использованием автоматизированного рабочего места должностного лица органа управления (АРМ ДЛ ОУ), в целях информационной поддержки управления ликвидацией последствий чрезвычайной ситуации на объектах региона.

Анализ показал, что в состав блока расчетов информационной системы: должны входить

- модель формирования оптимальных маршрутов, по которым осуществляется перемещение сил и средств МЧС к объектам;
- модель отыскания длин маршрутов подвоза материальных средств от поставщиков материальных средств до потребителей материальных средств. В качестве поставщиков материальных средств выступают склады, базы и предприятия промышленности, в качестве потребителей материальных средств выступают различные формирования МЧС, участвующие в ликвидации последствий ЧС. В модели определяются оптимальные (критерий минимизации протяженностей маршрутов [3]), маршруты подвоза материальных средств потребителям. Отметим, что в классической транспортной задаче минимизируются стоимости перевозок [4];
- оптимизационная модель закрепления сил и средств МЧС за поставщиками материальных средств;
- модель определения сроков завершения работ по ликвидации последствий ЧС на разрушенных транспортных объектах (мосты, тоннели и т.д.). Порядок создания такой модели представлен в публикации [5];
- модель оптимального распределения автомобильного транспорта, осуществляющего подачу материальных средств потребителям. В модели необходимо оптимизировать эффективность использования автомобильного транспорта, например, минимизировать показатель «тонно-километры» или финансовые затраты на перевозки.

Реализация этих математических моделей позволит получить обоснованные данные, которые позволят осуществлять выработку оптимальных решений на применение сил и средств МЧС в ходе ликвидации последствий ЧС.

Следует отметить, что отдельную функцию, в рамках расчётного блока должна выполнять имитационная модель функционирования автомобильного транспорта – ИМФАТ (рис. 2). ИМФАТ реализуется в условиях ограниченных пропускных способностей автомобильных дорог в зоне ЧС и должна осуществлять расчёт (моделирование) процесса выдвигания отдельных автомобилей и автомобильных колонн сил и средств МЧС на основе данных о пропускных способностях сети автомобильных дорог региона, получаемых от системы ГЛОНАСС, а также допустимых скоростей движения автотранспорта по ним. В рамках этой модели должен быть реализован принцип оптимальности Беллмана, см., например, [6].

В части, касающейся использования региональной вычислительной системы (РВС) ГЛОНАСС в интересах МЧС, отметим возможность реализации его средствами: контроля графика движения и навигации в незнакомых местах транспорта МЧС; спутникового мониторинга текущего положения транспорта МЧС и других функций см. публикацию [7] и рис. 2.

Дадим характеристику технологии динамического моделирования сроков ликвидации последствий ЧС на объектах (рис. 2).

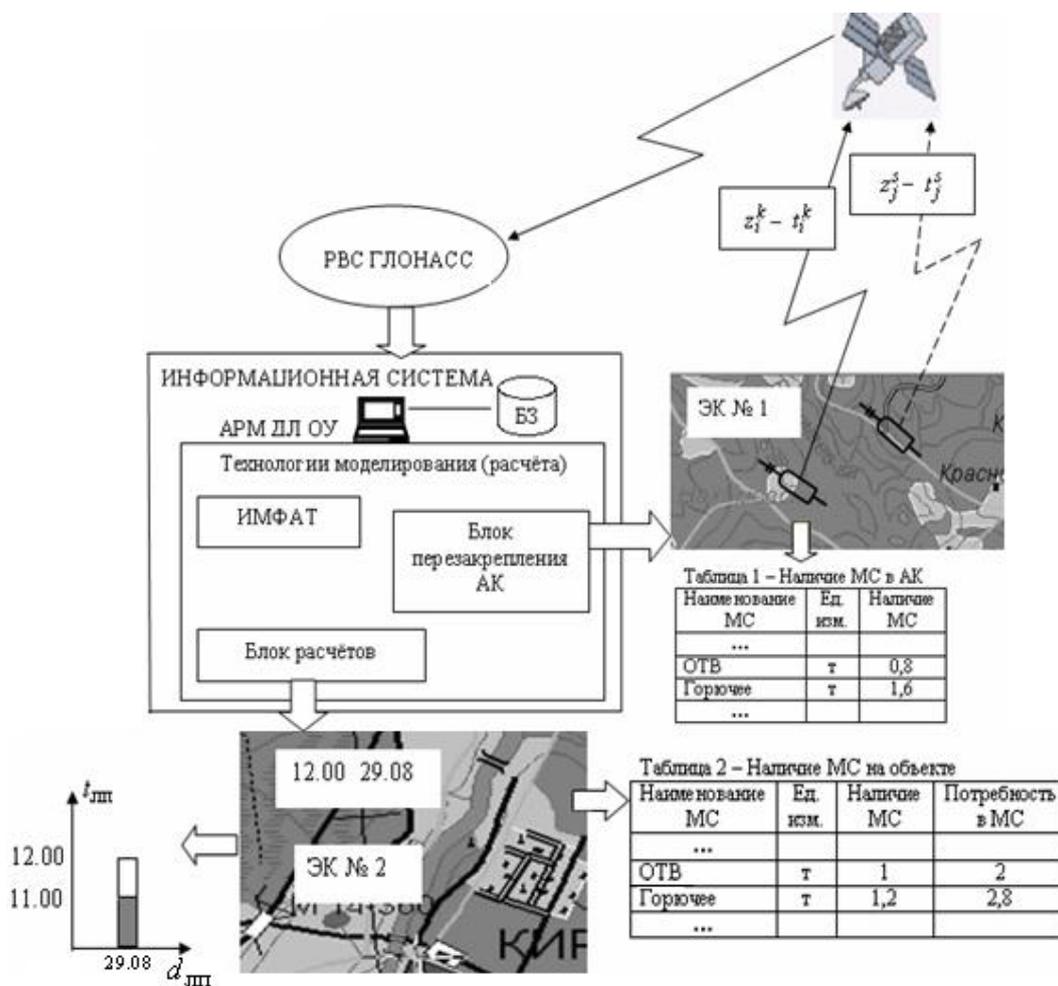
Модель определения сроков завершения работ по ликвидации последствий ЧС на разрушенных транспортных объектах должна быть реализована в рамках блока расчётов, (рис. 2), в компьютерном приложении «MS Project». Рисунок 3 иллюстрирует варианты расчётов по применению сил и средств МЧС, реализуемые с использованием компьютерного приложения «MS Project».

В основе указанных расчётов лежит метод критического пути, представленный в публикациях [8,9].

Иллюстрация расчётов, в рамках рассматриваемой технологии приведена на рис. 3: вариант, при котором необходимые для ликвидации последствий ЧС материальные средства, на объекте имеются в полном объёме – в первой таблице рисунка, вариант при котором материальные средства (МС) подаются на объект с задержкой – во второй таблице рисунка. При этом во втором варианте фиксируется задержка подачи материальных средств в 1 час.

Интерактивный режим, в рамках технологии динамического моделирования сроков ликвидации последствий ЧС на объектах, позволяет реализовать блок перезакрепления АК (рис. 2). Соответствующая модель, реализованная в рамках этого блока, позволяет реализовать: либо перенаправление автомобильных колонн (отдельных автомобилей) (рис. 2 – ЭК № 1) к другим, более приоритетным, объектам в данные сутки ликвидации ЧС, либо перезакрепление автомобилей за другими участками сети автомобильных дорог, с ненулевыми пропускными способностями, без нарушения порядка функционирования ИМФАТ.

Важный элемент предлагаемой технологии динамического моделирования сроков ликвидации последствий ЧС на объектах – возможность визуализации параметров и показателей используемых моделей на фоне электронной карты, что реализуется, например, отображением на электронной карте, при щелчке клавишей манипулятора «мышь» по значку автомобильной колонны (отдельного автомобиля) или объекта, на котором производятся работы по ликвидации последствий ЧС, соответственно таблицы 1 или таблицы 2, представленных в рисунке 2.



Обозначения: АК – автомобильная колонна; ОТВ – огнетушащее вещество;  $z_i^k - t_i^k$  - местоположение  $k$ -й АК в  $i$ -й момент времени; БЗ – база знаний; ЭК – электронная карта;  $d_{лп}$  – сутки, в которые производятся работы по ликвидации последствий ЧС;  $t_{лп}$  – часы, в которые производятся работы по ликвидации последствий ЧС.

Рисунок 2 – Технология динамического моделирования (расчёта) сроков ликвидации последствий ЧС на объектах

Аналогичным образом на электронной карте необходимо отражать, в виде гистограммы, динамику выполнения работ по ликвидации последствий ЧС на указанном, с использованием манипулятора «мышь», объекте (рис. 3).

Функционирование специального программного обеспечения, реализующего функции визуализации параметров и показателей используемых моделей, в части, касающейся получения  $z_i^k$  и  $t_i^k$  ( $i=1,2,\dots; k=1,2,\dots$ ) – задающих местоположение  $k$ -й АК в  $i$ -й момент времени, должно осуществляться на основе существующего интерфейса с базой знаний и системой ГЛОНАСС.

Данные  $z_i^k$  и  $t_i^k$  ( $i=1,2,\dots; k=1,2,\dots$ ) используются в блоке расчётов (рис.1), в целях получения обоснованных решений на применение сил и средств МЧС, последовательно в моделях: формирования оптимальных маршрутов; отыскания длин маршрутов подвоза материальных средств от поставщиков материальных средств до потребителей материальных средств; определения сроков завершения работ по ликвидации последствий ЧС на разрушенных транспортных объектах.

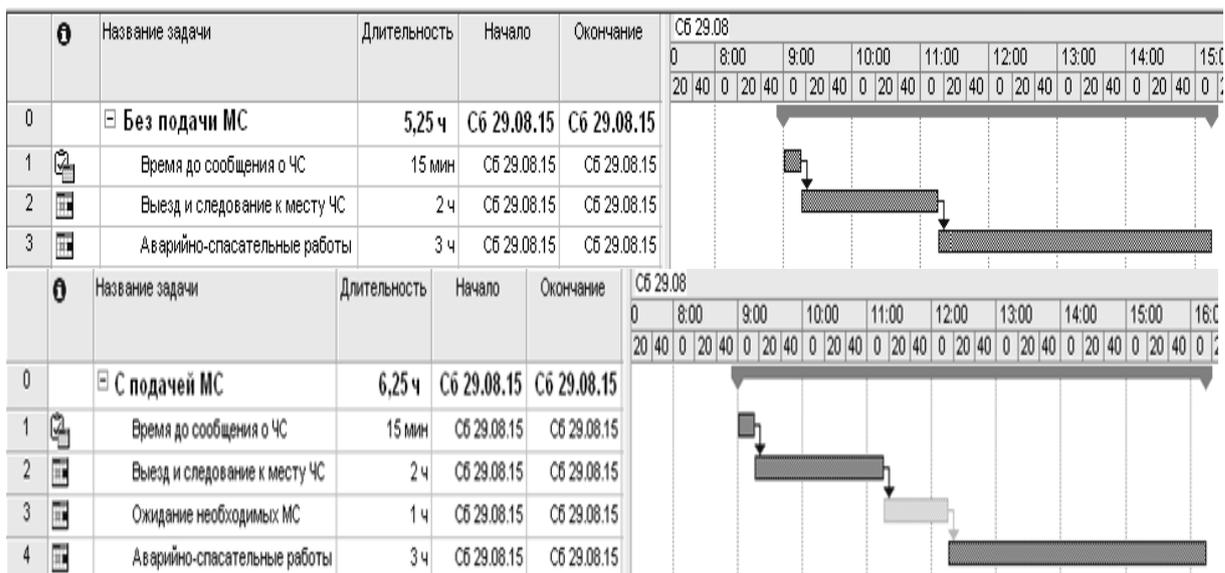


Рисунок 3 – Моделирование вариантов ликвидации последствий ЧС на объекте

Приведём алгоритм, позволяющий определить динамическое состояние множества оптимальных маршрутов между формированиями МЧС и объектами, а также потребителями и поставщиками материальных средств на основе текущих пропускных способностей автомобильной дорог региона. Математическая постановка этого алгоритма имеет вид.

Для  $\forall i \in I$  и  $\forall j \in J$  найти

$$L_{ij}^* = \min_l \{ L_{ij}^l \}$$

при ограничении

$$PS_{k_1, k_2} > 0 \text{ для } \forall (k_1, k_2) \in M_{ij}^*,$$

где:

$K = \{k : k = 1, 2, \dots, N\}$  - множество узлов сети автомобильных дорог (потребители и поставщики материальных средств, объекты, разрушение которых препятствует бесперебойному движению автомобильного транспорта);

$(k_1, k_2)$ , где  $k_1, k_2 \in K$  - участок сети автомобильных дорог, ограниченный узлами  $k_1$  и  $k_2$ ;

$PS_{k_1, k_2}$  - пропускная способность участка  $(k_1, k_2)$ , авт./сут.;

$L_{k_1, k_2}$  - протяженность участка  $(k_1, k_2)$ , км. Если однозвенный путь, соединяющий  $k_1$  с  $k_2$  отсутствует, а также при  $PS_{k_1, k_2} = 0$  определим  $L_{k_1, k_2} = B$  (км), где  $B$  - достаточно большое число;

$i$  - номер узла-поставщика материальных средств;

$j$  - номер узла-потребителя материальных средств;

$I \in K$  - множество узлов-поставщиков материальных средств;

$J \in K$  - множество узлов-потребителей материальных средств;

$M_{ij}^l$  ( $l = 1, 2, \dots$ ) - множество узлов транспортной сети, определяющих  $l$ -й маршрут от  $i$ -го узла до  $j$ -го узла (от поставщика до потребителя);

$L_{ij}^l$  - протяженность  $M_{ij}^l$ -го маршрута, км;

$M_{ij}^*$  - множество узлов сети автомобильных дорог, определяющих маршрут минимальной протяженности от  $i$ -го узла (поставщика) до  $j$ -го узла (потребителя);

$L_{ij}^*$  - протяженность маршрута минимальной протяженности -  $M_{ij}^*$ , км.

В рамках предлагаемой технологии должны использоваться «демон»-процедуры искусственного интеллекта [10], которые инициализируют, по сигналу в БЗ « $z_i^k$  и  $t_i^k$  - приняты», моделирование (расчёты) в блоке расчётов. Например, по такому сигналу происходит расчёт срока ликвидации последствий ЧС на объекте с последующей визуализацией его (рис. 2 – ЭК № 2) в формате «время-дата».

Следовательно, предлагаемая технология предполагает непрерывное (динамическое) решение комплекса математических моделей, позволяющее осуществлять визуализацию текущих показателей расчётов на электронных картах в реальном масштабе времени. При этом повышение оперативности получения управленческой информации, обоснованности планирующих документов и управленческой информации о ходе ликвидации последствий ЧС регионального характера, осуществляется за счет непрерывной автоматизированной реализации представленных математических моделей, реализующих расчёт сроков ликвидации последствий ЧС на объектах. Оценку эффективности реализации предлагаемых в статье математических моделей, необходимо проводить с использованием методики, предложенной в [11, 12].

В заключение отметим, что статья может представлять интерес для должностных лиц, занимающихся вопросами автоматизации планирования и выработки решений на применение сил и средств МЧС в ходе ликвидации последствий ЧС.

#### *Список литературы*

1. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 6-13.
2. Васьков В.Т., Малыгин, И.Г., Плотников Ю.А. Автоматизированная геоинформационная система поддержки принятия решений по управлению оперативными подразделениями пожарной охраны // Проблемы управления рисками в техносфере. 2011. № 1(17). С. 58-67.
3. Черных А.К., Козлова И.В. Подход к моделированию системы управления материально-техническим обеспечением сил и средств МЧС России в условиях чрезвычайных ситуаций регионального характера // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». 2015. № 2. С. 65-70.
4. Вагнер Г. Основы исследования операций. Т. 1. М.: Мир, 1972.
5. Маслаков М.Д., Черных А.К. Об оценке срока выполнения одного класса комплексных работ на связанных множествах объектов на основе математического моделирования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 73-80.
6. Беллман Р., Калаба Р. Динамическое программирование и современная теория управления. М.: Наука, 1969.
7. Тольга А.В., Воронина А.Д. Системы спутникового мониторинга транспорта // Теоретические и прикладные вопросы образования и науки: материалы Международ-

ной научно-практической конференции 31 марта 2014 г.: в 13 частях. Часть 3. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком». 2014. С. 119-120.

8. Таха Х.А. Введение в исследование операций. М.: Изд. дом «Вильямс», 2001.

9. Богданов В.В. Управление проектами в Microsoft Project 2002. СПб.: Питер, 2003.

10. Джексон П. Введение в экспертные системы. М.: Изд. дом «Вильямс», 2001.

11. Маслаков М.Д., Багрецов С.А., Черных А.К. Об одном подходе к оценке эффективности математических моделей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 3 (27). С. 67-73.

12. Артамонов В.С., Черных А.К., Клыков П.Н. Подход к оценке эффективности систем управления организационными системами, функционирующими в реальном масштабе времени // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 4 (32). С. 60-68.

УДК 519.8

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ**

*Соколов Борис Владимирович – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заместитель директора по научной работе*

*Юсупов Рафаэль Мидхатович – член корреспондент РАН, заслуженный деятель науки и техники РФ, директор*

*ФГБУН Санкт-Петербургский*

*институт информатики и автоматизации Российской академии наук*

*Аннотация. В докладе рассматриваются основные направления и проблемы внедрения современных информационных технологий в системы проактивного мониторинга и управления динамическими транспортно-логистическими сетями. Проведен анализ современного состояния исследований в рассматриваемой предметной области. Представлен ряд научных проектов, выполняемых в СПИИРАН, по решению сформулированных в докладе проблем.*

*Ключевые слова: современные информационные технологии, проактивное управление транспортно-логистическими сетями.*

## **THE USE PROSPECTS OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN MANAGEMENT SYSTEMS TRANSPORT AND LOGISTIC NETWORKS**

*Sokolov Boris Vl. – Dr. Eng., Professor, Honored worker of Science and Technology of the Russian Federation, Deputy Director for Research*

*Yusupov Rafael M. – Correspondent member of RAS, Dr. Eng., Professor, Honored worker of Science and Technology of the Russian Federation*

*St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences*

*Abstract. The article is devoted to the main directions and problems of implementation of modern information technologies in systems of pro-active monitoring and management of dynamic transport and logistic networks. The analysis of the current state of researches in the considered subject domain is carried out. A number of the scientific projects which are car-*

ried out in SPIIRAN, according to the decision formulated in the report of problems is provided.

*Keywords:* modern information technologies, pro-active management of transport and logistic networks.

В настоящее время в целях дальнейшего повышения эффективности организации логистических процессов находят все большее применение различные технические средства дистанционной радиочастотной идентификации (RFID) и мобильные информационные технологии (в частности, информационная технология WiFi). Использование таких средств совместно со средствами сбора, приема и передачи информации, а также с мобильными спутниковыми навигационными системами потенциально позволяет существенно повысить качество логистических процессов, в частности за счет реализации появившихся принципиально новых возможностей оперативного дистанционного информационного взаимодействия объектов логистики и систем мониторинга и управления процессами их пространственных перемещений. Это обстоятельство обуславливает необходимость создания нового поколения человеко-машинных (автоматизированных) интеллектуальных систем проактивного мониторинга и управления (СПМУ) динамическими транспортно-логистическими сетями (ТЛС) [1-5].

*Актуальность* проведения исследований в рассматриваемой области обусловлена тенденцией к массовому использованию технологий радиочастотной идентификации и мобильных информационных технологий в организации логистических процессов наряду с существенным отставанием в общесистемном научно-методическом обеспечении процессов мониторинга и управления логистическими сетями. Это обстоятельство в настоящее время является основным препятствием в достижении потенциально возможной эффективности процессов проактивного мониторинга и управления ТЛС.

Логистические процессы отличаются большим разнообразием, структурной и функциональной сложностью, высоким динамизмом изменений своего функционального состава, структуры и содержания. Функционирование различных классов динамических ТЛС, как правило, связано с необходимостью одновременного использования общих ресурсов – транспортных магистралей, транспортных средств, терминалов и т.п., что вносит целый ряд дополнительных сложностей в решении задач мониторинга и управления указанными процессами и сетями. Поэтому для поиска рациональных вариантов решения этих задач необходимо предварительно обосновать пути и методы моделирования рассматриваемой предметной области, построить соответствующие модели и провести их апробацию в реальных или имитируемых условиях.

Характерной особенностью этого направления научных исследований является его выраженный *междисциплинарный характер*. Это обусловлено тем обстоятельством, что в данном случае проблемы развития логистики неразрывно связаны с проблемами развития информационных технологий.

В рассматриваемой предметной области исследований в настоящее время сложилась следующая ситуация. В настоящее время метки со штрих-кодами, которые широко использовались и используются до сих пор для *контактной* идентификации различных объектов логистики (товаров, деталей, транспортных средств и т.п.) стали заменяться радиочастотными метками, что, во-первых, позволяет решать задачу идентификации таких объектов *дистанционным* способом, а, во-вторых, - записывать и извлекать из этих меток различную информацию как о самом объекте, так о манипуляциях, которые с ним производились, т.е. вести его электронный паспорт.

Открывшийся с внедрением RFID-технологий рынок потребностей в специализированных информационных технологиях решения задач мониторинга и управления вызвал появление различных предложений в соответствующем программном обеспече-

нии этих процессов. Однако следует отметить, что такие программные средства являются, как правило, продуктом адаптации ранее существующих программных систем, предназначены для решения «сиюминутных» проблем и не ориентированы на комплексное решение рассматриваемых вопросов с учетом возможных перспектив развития транспортно-логистических процессов, систем их мониторинга и управления, а также развития RFID-технологии.

В современных условиях RFID-технология в области транспортно-логистических процессов де-факто приобрела ярко выраженный инновационный характер. Ее использование оказало и оказывает существенное влияние на организацию как самих логистических процессов, так и организацию процессов их мониторинга и систем управления и потенциально позволяет существенно расширить возможности автоматизации всех этих перечисленных процессов. Таким образом, технический прорыв в области дистанционной идентификации транспортно-логистических объектов актуализировал необходимость в решении широкого спектра новых, малоизученных задач как в области совершенствования самих логистических процессов, так и в области их мониторинга и управления.

В настоящее время отсутствует единое методологическое и методическое обеспечение разработки и применения человеко-машинных СПМУ ТЛС, что существенно сдерживает создание соответствующих автоматизированных систем на базе новых информационных технологий. Необходимость в разработке научно-методических основ создания и развития модельно-алгоритмического и информационного обеспечения данных систем в области логистики также обусловлена:

- недостаточной проработкой (в отдельных случаях – отсутствием) новых подходов к созданию полимодельных комплексов, описывающих с различной степенью детализации процессы функционирования и развития современных и перспективных интегрированных человеко-машинных СПМУ ТЛС;
- отсутствием научных и практических рекомендаций по технологиям оперативного принятия многокритериальных решений, связанных с конфигурированием рассматриваемых СПМУ ТЛС в условиях динамически развивающейся обстановки;
- отсутствием необходимых научных рекомендаций по использованию существующих и перспективных технологий радиочастотной идентификации в интеллектуальных СПМУ ТЛС.

В целом в настоящее время существует множество частных подходов к формализации и исследованию проблем анализа и синтеза (проблем конфигурирования) СПМУ ТЛС. Данные подходы, как правило, базируются на количественных моделях, описывающих рассматриваемую проблемную область. К указанным моделям, в первую очередь, могут быть отнесены модели, используемые в исследовании операций, теории управления запасами, математической статистики. Однако, как показывает анализ, решение реальных задач конфигурирования СПМУ ТЛС, возникающих на практике, базируется в большей степени на разнородных и распределенных декларативных и процедуральных знаниях, и главная проблема, связанная со структурно-функциональным синтезом облика СПМУ ТЛС, состоит как раз в интеграции указанных знаний как на уровне бизнес-процессов, так и на уровнях соответствующих приложений и аппаратно-программных платформ с использованием современных интеллектуальных информационных технологий и инструментальных средств [4-6].

С учетом выше изложенного в настоящее время особую актуальность приобретают вопросы разработки методологических и методических основ обоснования и выбора наиболее перспективных путей создания и развития СПМУ ТЛС на основе реализации концепций системного моделирования и интеграции знаний применительно к рассматриваемой предметной области.

Задачи управления конфигурацией (динамического структурно-функционального синтеза) сложных объектов (в том числе СПМУ ТЛС) занимают одно из ключевых мест в жизненном цикле современных производственно-транспортных систем в рамках нового стратегического европейского проекта Industry 4.0. В настоящее время за рубежом в рассматриваемой предметной области применительно, например, к наиболее сложным задачам конфигурирования виртуальных предприятий реализуется ряд концепций (Wireless Enterprises, M2M, Mobile Commerce, Virtual Information Technologies, Virtual Enterprise), в рамках которых предусматривается обеспечение коммуникации и интеграции, совместное управления, моделирование взаимодействия участников сетевых (виртуальных) логистических систем на основе использования Internet-технологий. Все они ориентированы на решение задач формирования и организации функционирования рассматриваемых предприятий, основанных на использовании единой организационно-технологической и информационной среды, за счет временного объединения ресурсов различных предприятий.

Вместе с тем, как показывает анализ отечественной и зарубежной научно-технической и экономической литературы, существующие концепции управления транспортно-логистическими сетями (цепями) предусматривают решение рассматриваемых проблем с разных точек зрения – от простого согласования планов сбыта и поставок несколькими компаниями до всеобъемлющей концепции расширяющегося логистического взаимодействия (SLI – Scaleable Logistics Interplay), которую планируется реализовать в 21 веке. В рамках этих концепций ведутся интенсивные исследования и разработки по всему спектру сформулированных в данном проекте задач. В частности, текущие исследования в области информационно-аналитического обеспечения виртуальных предприятий (ВП) сфокусированы на следующих аспектах: теоретические и практические основы (разработка моделей предприятия и протекающих в нем процессов, а главное – моделей взаимодействия предприятий); обеспечение совместного выполнения бизнес процессов; обеспечение информационной безопасности бизнес-процессов; обеспечение процессов управления комплексными производственно-логистическими системами.

В зарубежных источниках отмечается, что процесс создания комплексной информационной сети с участием поставщиков, производителей, транспортных операторов, торговых организаций и клиентов является чрезвычайно сложным организационно-технологическим процессом и требует тщательной предварительной подготовки, в первую очередь, разработки соответствующих концепций и моделей.

В связи со сказанным в Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации РАН в рамках созданного в 2006 году “Научно-консультативного центра интеллектуальных технологий в логистике” ведутся комплексные исследования в области транспортно-логистических процессов и систем [1]. Указанный центр активно взаимодействует с такими лабораториями СПИИРАН как: лаборатория “Интегрированных систем автоматизации”, “Интеллектуальных систем”, “Объектно-ориентированных геоинформационных систем”, “Прикладной информатики”, “Информационных технологий в системном анализе, моделировании и управлении”. В перечисленных лабораториях в настоящее время проводятся интенсивные исследования, направленные на создание и совершенствование следующих современных информационных технологий (ИТ), широко используемых в различных предметных областях (в том числе и в области логистики): ИТ извлечения знаний из данных, машинного обучения, ИТ, базирующиеся на многоагентных системах, компьютерное зрение, речевая информатика, стеганография и стеганоанализ, интеллектуальные сенсорные сети, ИТ защиты компьютерных сетей, новые технологии компьютерного моделирования и супервычислений, биометрия и т.д.

На основе данных технологий сформулированы и обоснованы ряд проектов, направленных на повышение эффективности транспортно-логистических процессов и систем в РФ и Северо-Западном регионе. В докладе представлено содержание указанных проектов и предложения по их реализации.

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при финансовой поддержке ведущих университетов Российской Федерации: СПбГПУ (мероприятие 6.1.1); ИТМО (субсидия 074-U01); Программы НТС Союзного государства «Мониторинг-СГ» (проект 1.4.1-1); грантов РФФИ №№15-07-08391, 15-08-08459, 16-07-00779, 16-08-00510, 16-08-01277, 16-29-09482-офи-м; Программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН (проект № 2.11); в рамках бюджетных тем №№ 0073–2014–0009, 0073–2015–0007.

#### *Список литературы*

1. Логистика и управление цепями поставок: учебник и практикум для академического бакалавра / В.С. Лукинский, В.В. Лукинский, Н.Г. Плетнева. – М.: Издательство Юрайт. 2016. 359 с. Серия: Бакалавр. Академический курс.
2. <http://litsam.ru>.
3. Ivanov, D., and B. Sokolov. (2012). “Dynamic Supply Chain Scheduling.” *Journal of Scheduling* 15 (2): 201-216.
4. Ivanov, D., and B. Sokolov. (2013). “Control and System-theoretic Identification of the Supply Chain Dynamics Domain for Planning, Analysis, and Adaptation of Performance under Uncertainty.” *European Journal of Operational Research* 224: 313-323.
5. Ivanov D.A., Sokolov B.V. (2010). *Adaptive Supply Chain Management*, Springer, Berlin. 2010.
6. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов – М.: Наука. 2006. 410 с.

УДК 73.29.01

## **ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

*Дрецинский Владимир Александрович – доктор военных наук, профессор*

*Ласточкин Николай Николаевич – кандидат военных наук*

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

*Аннотация. Изложены проблемы и возможные задачи Железнодорожных войск при строительстве и восстановлении объектов инфраструктуры железных дорог в арктическом регионе России.*

*Приведены апробированные и предложены новые методы строительства и краткосрочного восстановления объектов инфраструктуры железных дорог в условиях низких температур.*

*Ключевые слова: Арктический регион, железнодорожные войска, технологии и методы строительства, восстановление, железные дороги, низкие температуры.*

## **THE PROBLEMS OF CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION OF RAILWAYS IN THE ARCTIC REGION AND THE WAYS OF THEIR SOLUTION**

*Dreshchinskiy Vladimir A. – Doctor of Military Science, Professor  
Lastochkin Nikolay N. – Candidate of Military Sciences  
Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation*

*Abstract. The problems and possible tasks of the Railway troops in the construction and restoration of objects of railway infrastructure in the Arctic region of Russia are outlined.*

*The approved and proposed new methods of construction and short-term recovery of infrastructure, Railways in the conditions of low temperatures are given.*

*Keywords: The Arctic region, railway troops, technology and methods of construction, railroad, low temperature.*

Современные экономические условия и геополитическое положение России усиливают потребность страны в освоении сырьевых ресурсов, большая часть которых (около 80 % запасов нефти и 90 % запасов газа и угля) сосредоточена в Арктическом регионе. Этот регион сегодня занимает площадь около 9 млн. кв. км и является пространством, определяющим развитие национальной экономики, масштабность разведанных и прогнозных запасов минерально-сырьевых и энергетических ресурсов в этих районах страны делают чрезвычайно актуальной задачу их транспортного освоения. Через Арктику проходят кратчайшие морские и воздушные маршруты между Северной Америкой и Евразией.

Запасы сырьевых ресурсов способствовали усилению внимания к арктическому региону США и других государств, направленному на установление контроля над военной и хозяйственной деятельностью в регионе. Для обеспечения национальной безопасности в Арктической зоне России в 2014 г. было сформировано объединенное стратегическое командование «Северный флот». Нарастание группировки войск в Арктике, необходимость их своевременного и качественного обеспечения запасами материально-технических средств в еще большей степени активизирует процессы развития транспортной инфраструктуры Арктического региона.

Хозяйственная и военная деятельность в Арктике связана с высокими энергозатратами и зависит от внешнего завоза топлива, оборудования и иных материально-технических средств. Сегодня доставка материально-технических средств соединениям и частям Вооруженных Сил РФ в Арктическом регионе осуществляется железнодорожным транспортом до портов Белового моря, а далее судами морского флота по Северному морскому пути. Возможно доставка с баз (складов) Центрального военного округа речным транспортом по рекам Обь и Енисей. Это самые дешевые виды транспорта, но проблема заключается в том, что по этим артериям движение осуществляется около четырех месяцев, с мая по октябрь. Наиболее дешевым, всепогодным и надежным является железнодорожный транспорт.

Решение всего спектра транспортных проблем может быть осуществлено путем развития в Арктическом регионе железнодорожной инфраструктуры. Одним из наиболее актуальных проектов развития транспортной инфраструктуры является строительство железнодорожного Северного широтного хода.

Основные мероприятия проекта предполагают развитие железнодорожной инфраструктуры по маршруту: Обская – Салехард – Надым – Пангоды – Новый Уренгой – Коротчаево, общей протяженностью более 700 км. Кроме того, «Стратегией развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года» предусматривается восстановление Трансполярной магистрали и продолжение строительства стратегической железной дороги Норильск – Тикси – Верхнеколымск – Магадан.

Существует и проект Международного союза железных дорог – создание северного транспортного коридора «Восток–Запад», который должен обеспечить грузовое сообщение в направлении северо-восток США (Бостон) и Канады (Галифакс) – Россия (через Уэлем – Верхнеколымск – Норильск – Архангельск) – Финляндия – Швеция – Норвегия (Нарвик).

Развитие полноценной сети железнодорожного транспорта позволит решить проблемы транспортной доступности ключевых объектов в Российской Арктике. Вместе с тем, строительство и восстановление железных дорог в регионе сопровождается негативными факторами: низкой температурой, сильными ветрами и снежными заносами, полярной ночью и малой естественной освещенностью территории в холодный период года, вечномерзлыми грунтами и почти полным отсутствием растительности на Арктическом побережье.

Существуют и значительные проблемы с трудовыми ресурсами для обеспечения строительства железных дорог в необходимые сроки. Учитывая исторический опыт, к их строительству могут привлекаться и Железнодорожные войска. Кроме того, в случае возникновения военного конфликта в Арктической зоне, непосредственной задачей войск станет техническое прикрытие и восстановление объектов транспортной инфраструктуры.

Можно с сожалением констатировать тот факт, что за последние три десятилетия в Железнодорожных войсках в значительной степени утрачен опыт строительства железных дорог в условиях низких температур и вечной мерзлоты, полученный в ходе строительства БАМа. Кроме того, за это время появились принципиально новые строительные технологии, что предопределяет необходимость обобщения, анализа и отбора методов строительства железных дорог в условиях Арктического региона. Проведенный нами анализ обнаружил, что практически отсутствуют надежные методы краткосрочного и временного восстановления объектов в боевой обстановке в рассматриваемых особых условиях, что требует их разработки и практической апробации.

Опыт строительства БАМа показал, что земляное полотно на участках, в основании которых залегают вечномерзлые глинистые грунты и мари, подземные льды, целесообразно проектировать насыпями, с учетом свойств и состояния грунтов деятельного слоя и вечномерзлых грунтов при оттаивании [1]. На участках, где проектом предусматривается сохранение вечномерзлого грунта (чаще всего на марях) принимают жесткие меры, исключающие повреждение растительно-мохового покрова [2]: ведя отсыпку насыпи зимой или осуществляя отсыпку первого слоя насыпи с «головы», не допуская движения машин по естественному основанию. Целесообразно систематически удалять снег с площади основания насыпи с целью увеличения глубины промерзания грунта.

В настоящее время при сооружении земляного полотна железных дорог в арктической зоне применяются инновационные технологии. Так, при строительстве железнодорожной линии Обская – Бованенково, возведение насыпи велось из влажного пылеватого песка, который под воздействием низких температур приобретал необходимую прочность. Для обеспечения устойчивости конструкции земляного полотна в летние месяцы может быть применена послойная система термоизоляции: поверх замерзшего песка в основании земляного полотна укладываются теплоизоляционные плиты из пенополистерола. Кроме того, могут быть использованы аэродинамически обтекаемые поперечные профили насыпей, которые позволяют ограничивать толщину снеговых отложений на откосах и в пазухах, сохранять отрицательные значения среднегодового теплового баланса на элементах поверхности грунтового массива. В таких насыпях гарантированно сохраняется мерзлое состояние грунта.

Очевидно, что технология восстановления железнодорожной насыпи в военное время потребует больших временных затрат. Для краткосрочного восстановления железных дорог в условиях отрицательных температур возможно возведение земляного полотна на основе обойм из объемной георешетки с ячейками армирующего геосинтетического ма-

териала и наполнителя из минерального материала (песка, щебня) или уплотненного сне-гольда.

При восстановлении железнодорожного пути могут быть использованы специ-альные железобетонные или металлические балластные корыта с балластом для регу-лирования положения рельсо-шпальной решетки в процессе выправки пути. После вы-правки балласт заполняют вяжущим раствором для образования жесткой балластной постели.

По нашему мнению, одним из способов сокращения сроков восстановления брешей железнодорожного пути, образовавшихся вследствие воздействия вероятного противника и увеличение сроков его эксплуатации в арктических условиях, может быть восстановление железнодорожного пути без возведения земляного полотна: примене-нием комплекта РЭМ-500, а также использованием железнодорожных эстакад (ферм), установленных на термосваях.

Термосваи представляет собой замкнутую полуу металлическую или сталежеле-зобетонную трубу (оболочку), имеющую надземную и подземную части, в которых за счет конвективного регулируемого переноса тепла воздухом осуществляется глубинное охлаждение. Технология сооружения термосвай позволяет сокращать в 2–3 раза сроки строительства, по сравнению с использованием обычных свай, поскольку проморажи-вание осуществляется одновременно с монтажом надфундаментных конструкций. При этом отпадает необходимость применения аммиачно-рассольных установок искусст-венного холода. Применение термосвай позволяет сооружать надежные основания же-лезнодорожного полотна в особо сложных грунтовых условиях.

Методы восстановления мостовых переходов также имеют ряд технологических особенностей. При этом с учетом температурных особенностей арктической зоны целе-сообразно применять как хорошо зарекомендовавшие себя, так и инновационные тех-нологии. По опыту строительства БАМа, при восстановлении опор использовались термосваи-оболочки или столбы сплошного сечения (диаметром 0,8 м), заглубляемые как в мерзлые, так и в немерзлые грунты погружением в предварительно пробуренные скважины и устанавливаемые на выравнивающий слой цементно-песчаного раствора.

Однако использование подобных свай в условиях низких температур требует постоянного поддержание тепла на строительном участке для приготовления раствора, а также прогревание самой сваи после установки для того, чтобы были достигнуты прочностные характеристики конструкции.

Если учесть, что в условиях вечномерзлого грунта сам промерзший грунт может располагаться и намного глубже сваи, то возведение такого рода фундамента может быть нецелесообразно. Вместо буроопускных свай более эффективным может быть ис-пользование винтовых свай, что значительно упрощает процесс бурения, поскольку скважины под винтовые сваи могут быть намного меньшего объема; при этом отсутст-вует необходимость их укрепления песчано-цементным раствором. Винтовые сваи от-личаются высокой прочностью и способны обеспечить должную надежность фунда-менту, несмотря на окружающие условия климата. При применении турбореактивного бурения также возможна замена железобетонных свай на самозакрепляющиеся стале-бетонные столбы диаметром 230–240 см.

Достаточно перспективными представляются технологии строительства и вос-становления искусственных сооружений с применением полимерных композитных ма-териалов, в том числе, наноструктурированных углепластиков с заданными низкотем-пературными технологическими характеристиками.

Для восстановления конструктивных элементов устоев и откосов мостов высо-кую эффективность показало применение габионных конструкций с армирующей пане-лью или специальных коробчатых конструкций.

При восстановлении малых искусственных сооружений могут использоваться водопропускные трубы и арочные мосты из металлических гофрированных элементов.

В целом выбор эффективного способа строительства и восстановления железнодорожного участка определяется сроками восстановления, стоимостью восстановления, необходимой пропускной способностью.

Внедрение в практику специальных методов строительства и восстановления объектов инфраструктуры железных дорог вызывает необходимость создания специализированных соединений ЖДВ для работы в Арктической зоне и их переоснащение специальной строительной техникой.

В условиях низких температур к строительным машинам и оборудованию предъявляется ряд дополнительных требований:

- применение конструктивных и эксплуатационных материалов повышенной холодо- и морозостойкости;
- использование надежных средств запуска двигателей и независимого обогрева кабин;
- обеспечение повышенной мощности двигателей и надежности электрооборудования;
- использование режущих и других рабочих органов землеройных машин повышенной износостойкости и прочности при работе на многолетней мерзлоте и в скальных грунтах;
- возможность универсального применения в многооперационных технологиях и адаптации к изменениям воздействий и нагрузок за счет оснащения бортовыми системами автоматизированного управления.

В этих условиях целесообразно применять:

- экскаваторы тяжелого класса с уширенными гусеницами и ковшем емкостью 1,6–2,5 м<sup>3</sup> в комплексе с автосамосвалами, оснащенными колесами низкого давления из морозоустойчивой резины грузоподъемностью 12–15 т;
- фронтальные автопогрузчики емкостью 3–5 м<sup>3</sup>;
- бульдозеры тяжелого класса с универсальными отвалами мощностью ДВС не менее 500 л. с.;
- автогрейдеры и скреперы тяжелого класса емкостью не менее 10–15 м<sup>3</sup>;
- фрезерно-рыхлительное оборудование для работы в мерзлых грунтах на базе тракторов мощностью ДВС не менее 500 л. с.;
- буровые машины с уширенными гусеницами для бурения скважин и шпуров в мерзлых и скальных грунтах;
- ротационно-экскаваторные буровые машины типа РЭБМ-1500;
- машины для термомеханического бурения типа МДТ 230;
- специализированные самоходные путеукладочные, путерехтовочные и выправочно-подбивочные машины для работы в мерзлых и скальных грунтах.

Наличие снежного покрова ухудшает проходимость и усложняет вождение машин по дорогам. Поэтому возможно использовать вездеходы, снегоходы, болотоходы.

Отсутствие растительности – требует повышенной концентрации запасов СВМиК из древесины, кроме того использование батальона заготовки деревянных конструкций вызывает необходимость его действий вдали от основных частей и соединений Железнодорожных войск.

Наибольшее влияние на технологию строительства и восстановление железных дорог влияет наличие вечномерзлых грунтов

Рассмотренные проблемы и пути их решения показали, что существующие и перспективные методы и технологии позволяют в определенной степени снизить нега-

тивное влияние неблагоприятных факторов и могут быть использованы в целях сокращения сроков строительства и восстановления железных дорог Арктического региона.

#### *Список литературы*

1. Сооружение земляного полотна Байкало-Амурской магистрали / Под ред. Чернавского В.П. – М.: Транспорт. 1987.
2. Шалягин Г.Л., Спиридонов Э.С. Сооружение земляного полотна в сложных условиях. Учебное пособие. Хабаровск ДВГУПС. 2005.

УДК 327.7

## **ТРАНСПОРТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Кожухов Юрий Васильевич – ведущий научный сотрудник научно-исследовательского центра фундаментальных военно-исторических проблем Военного университета МО Российской Федерации, г. Москва*

*Легошин Андрей Донатович – доцент кафедры аварийно-спасательных работ Академии гражданской защиты МЧС России, г. Москва*

*Лукин Владимир Николаевич – доктор политических наук, доцент, профессор кафедры философии и социальных наук ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Аннотация.* Актуализированы вопросы развития транспортной инфраструктуры Арктической зоны Российской Федерации, безопасной деятельности транспортного комплекса, приоритетные направления деятельности по обеспечению транспортной безопасности.

*Ключевые слова:* транспортная безопасность, защищенность, транспортная инфраструктура, Арктическая зона Российской Федерации, транспортный комплекс.

## **TRANSPORTATION SECURITY IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION: PROBLEMS AND PROSPECTS**

*Kozhuhov Yuri V. – Leading Researcher Research Center of fundamental problems of military history Military University of the Russian Federation Ministry of Defense, Moscow*

*Legoshin Andrew D. – Associate Professor Department of emergency rescue operations Academy of Civil Defence EMERCOM of Russia, Moscow*

*Lukin Vladimir N. – Doctor of Political Sciences, Professor of the Department of Philosophy and Social Sciences, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract.* Article reveals some problems of the development of transport infrastructure of the Arctic zone of the Russian Federation and the safe operation of the transport complex, priority areas to ensure transport security in the region.

*Keywords:* transport safety, security, transport infrastructure, the Arctic zone of the Russian Federation, the transport complex.

Арктическая территория Российской Федерации составляет свыше трех миллионов квадратных километров. На этой территории частично или полностью располагается девять субъектов страны и проживает более пяти миллионов человек. Транспортная

система Арктической зоны Российской Федерации (далее – АЗРФ) является частью всероссийской транспортной инфраструктуры и проблемы транспортной безопасности в Арктическом регионе также актуальны, как безопасность для всего транспортного сегмента экономики страны. Россия изначально развивалась как целостное геополитическое образование на евразийском континенте, что объективно предопределяло наличие исторически сложившихся транспортных караванных речных, морских и сухопутных путей. В настоящее время весь транспортный комплекс является материальной основой инфраструктуры регионов, влияющей на социально-политические и экономические процессы в них. В условиях резкого обострения международной обстановки, ухудшения социально-экономического состояния страны усложняются и проблемы обеспечения безопасности всей транспортной инфраструктуры России.

Деятельность российского государства по обеспечению транспортной безопасности имеет соответствующую правовую основу: «Стратегию национальной безопасности» от 31.12.2015 № 683, «Стратегию развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» от 20.02.2013 года № Пр-232, Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2010 года № 390-ФЗ «О безопасности», Федеральный закон Российской Федерации от 3 февраля 2014 года № 15-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам обеспечения транспортной безопасности». Кроме того, Распоряжением Правительства РФ от 30 июля 2010 г. № 1285-р «О Комплексной программе обеспечения безопасности населения на транспорте (с изменениями и дополнениями)» предусматривается система мер по обеспечению безопасности и людей на транспорте.

Деятельность по обеспечению транспортной безопасности регламентируется, прежде всего, Федеральным законом Российской Федерации от 9 февраля 2007 года № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» с изменениями и дополнениями в редакции 2016 года (далее – Закон).

В Законе дано определение транспортной безопасности: это – состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства (Ст.1. п.10).

Противоправное действие (бездействие), в том числе террористический акт, угрожающее безопасной деятельности транспортного комплекса, повлекшее за собой причинение вреда жизни и здоровью людей, материальный ущерб либо создавшее угрозу наступления таких последствий определяется как акт незаконного вмешательства. В Законе дается определение «обеспечению транспортной безопасности»: это – реализация определяемой государством системы правовых, экономических, организационных и иных мер в сфере транспортного комплекса, соответствующих угрозам совершения актов незаконного вмешательства.

К объектам транспортной инфраструктуры отнесен технологический комплекс, включающий в себя: железнодорожные, автомобильные вокзалы и станции; метрополитены; тоннели, эстакады, мосты; морские терминалы, акватории морских портов; порты, которые расположены на внутренних водных путях и в которых осуществляются посадка (высадка) пассажиров и (или) перевалка грузов повышенной опасности; расположенные во внутренних морских водах, в территориальном море, исключительной экономической зоне и на континентальном шельфе Российской Федерации искусственные острова, установки, сооружения; аэродромы, аэропорты, объекты систем связи, навигации и управления движением транспортных средств; участки автомобильных дорог, железнодорожных и внутренних водных путей, вертодромы, посадочные площадки, а также иные обеспечивающие функционирование транспортного комплекса здания, сооружения, устройства и оборудование, определяемые Правительством Российской Федерации [1, Ст.1].

В состав арктического технологического комплекса входят практически все эти компоненты, за исключением метрополитена.

В соответствии с Законом были разработаны и утверждены Правительством Российской Федерации Требования по обеспечению транспортной безопасности, в том числе требования к антитеррористической защищенности объектов (территорий), учитывающие уровни безопасности для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства; требования по обеспечению транспортной безопасности, в том числе требования к антитеррористической защищенности объектов (территорий), учитывающие уровни безопасности для различных категорий объектов. Отметим, что в них предусмотрены исключения для объектов, для которых устанавливается особый режим безопасного функционирования и охраны государственной тайны [2].

Анализ рисков и угроз безопасности в АЗРФ является предметом научного исследования ряда ученых [3,4]. В связи с возможной реализацией идеи создания национальной арктической транспортной линии, которая в отличие от Северного морского пути представляет собой формирование и развитие комплексного инфраструктурного проекта по организации международной транспортной линии с Мурманским транспортным узлом в западной части и Петропавловск-Камчатским транспортным узлом в восточной части, а также серии опорных портов, потребует новых подходов к обеспечению безопасности. Тем более что циркумполярные страны активизируются в Арктическом стратегическом регионе. США активно усиливают свою береговую охрану, ассигновали на ее развитие около девяти миллиардов долларов США. Канада, претендуя на монопольное право обладания Северо-Западным проходом, соединяющим Атлантический и Тихий океаны, также спешит усилить свои военно-морские силы в этом регионе. В частности, канадцы уже ассигновали около семи миллиардов долларов США на постройку шести патрульных кораблей не ледокольного класса [5, С.104 –105].

А это потребует модернизации системы гидрометеорологического, гидрографического, навигационного обеспечения безопасности мореплавания; обновления картографического материала; расширения объема площадного обследования сложных в навигационном отношении участков трассы Северного морского пути, Берингова пролива и Тихого океана; создания по всей трассе условий для сервисного обслуживания международного транспортного коридора; модернизации арктических портов Диксон, Хатанга, Тикси, Певек, Провидения и тихоокеанских; создание новых портовых транспортно-логистических комплексов, грузовых терминалов, центров связи.

В целях отработки методов борьбы с терроризмом и предотвращения военных угроз транспортной инфраструктуре России идет активная работа по созданию арктической группировки войск. В 2014 году впервые Вооруженными силами России были проведены масштабные учения, в которых участвовали более четырех тысяч военнослужащих, 36 воздушных судов, 400 единиц военной техники и вооружения. Парашютный десант в составе парашютно-десантного батальона численностью в 350 человек в арктических широтах на острове Котельный архипелага Новосибирские острова провел операцию по «захвату» аэродрома [5, С. 109].

Важное место в обеспечении транспортной безопасности играет качество транспортной техники, адаптированной к арктическим условиям. На V Международном форуме «Арктика: настоящее и будущее», прошедшем в Санкт-Петербурге в декабре 2015 года был представлен обновленный вездеход ЧЕТРА ТМ140, грузоподъемностью в четыре тонны. При этом машина преодолевает уклоны и подъемы крутизной до 30 градусов, а дорожный просвет в 450 мм и гусеницы шириной 800 мм обеспечивают вездеходу высокую проходимость в арктических условиях.

Особое внимание машине уделили представители военных ведомств: новые технические решения вездехода позволяют эксплуатировать ЧЕТРА ТМ140 в автономном

режиме, установить на технику противопопульную защиту кабины и модули для перевозки личного состава, а также смонтировать вынесенную пулеметную установку с дистанционным управлением. Вездеход с пассажирским модулем способен перевозить до восьми человек в комфортных условиях. Благодаря изолированному моторному и трансмиссионному отделам в модуле вездехода уровень звука и вибрации не выше, чем в обычном автобусе, а наличие спальных мест гарантирует пассажирам полноценный отдых. Кроме того, машина оснащена современными системами обеспечения микроклимата, расположенными как в кабине оператора, так и в пассажирском модуле. Помимо транспортировки людей, вездеходы ЧЕТРА могут стать платформой для установки специального технологического оборудования и решать различные производственные задачи даже на отдаленных территориях.

Республика Коми и Республика Беларусь представили совместно разработанный вездеход «МАС», разработанный для выполнения задач в условиях Арктики. На данный момент имеется четыре модификации автомобиля с разной колесной формулой и вариантами исполнения кабины. Вездеход вмещает 12 человек, имеет низкое удельное давление на грунт, что позволяет ему передвигаться по любой дороге и бездорожью, перевозить большой объем грузов. Основная сборка происходит в Минске, но предполагается серийно собирать его и в Сыктывкаре.

На форуме были презентованы такие крупные арктические проекты, как амфибийные вездеходы на воздушной подушке грузоподъемностью 90 тонн, тяжелая грузовая платформа, тяжелая инженерная техника для строительства транспортной инфраструктуры в условиях вечной мерзлоты, быстровозводимые мостовые переправы, система цифровой радиосвязи «ЦСС Янтарь-Т IT».

ЦСС «Янтарь-Т IT» используется в отдаленных населенных пунктах в северных широтах и обеспечивает работу аварийно-спасательных служб МЧС России, управление городской структурой и транспортной инфраструктурой, в частности.

Таким образом, арктическая транспортная инфраструктура представляет из себя сложный технологический комплекс, являющийся материальной основой инфраструктуры АЗРФ. Эффективность его функционирования зависит, в том числе, и от степени защищенности, которую гарантирует государство, обеспечивая транспортную безопасность.

Правительство Российской Федерации, реализуя Федеральный закон Российской Федерации от 9 февраля 2007 года № 16-ФЗ «О транспортной безопасности», разрабатывает Требования по обеспечению транспортной безопасности и обеспечивает их выполнение. Транспортная безопасность учитывается как в ходе разработки новых транспортных проектов, так и в процессе создания более безопасных и адаптированных к арктическим условиям транспортных средств и различного оборудования.

#### *Список литературы*

1. Федеральный закон Российской Федерации от 9 февраля 2007 года № 16-ФЗ «О транспортной безопасности (с изменениями и дополнениями на 06.07.2016) // [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/24993> (дата обращения – 29.10.2016).

2. Постановление Правительство Российской Федерации от 14 сентября 2016 г. № 924 «Об утверждении требований по обеспечению транспортной безопасности, в том числе требований по обеспечению транспортной безопасности, в том числе требования к антитеррористической защищенности объектов (территорий), учитывающие уровни безопасности для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства; требования по обеспечению транспортной безопасности, в том числе требования к антитеррористической защищенности объектов (территорий), учитывающие уровни безопасности для различных категорий объектов, и внесении измене-

ний в Положение о лицензировании перевозок пассажиров автомобильным транспортом, оборудованным для перевозок более 8 человек (за исключением случая, если указанная деятельность осуществляется по заказам для собственных нужд юридического лица или индивидуального предпринимателя)» // [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL:<http://government.ru/media/files/pdB5spWPFTNjldoClgAHg6ADsgBXTVU9.pdf> (дата обращения – 29.10.2016).

3. Артамонов В.С., Мусиенко Т.В. Комплексная система безопасности как приоритет арктической геополитики и геоэкономики России // Геополитика и безопасность. 2016. № 2 (34). С. 66-72

4. Лукин В.Н., Чижиков Э.Н. Экономическая безопасность российской Арктики // Credo new. 2016. № 4 (88). С. 175-184.

5. Минин Е.М. Современное состояние и перспективы развития Арктического региона России // Вестник Московского государственного лингвистического университета. 2014. Выпуск № 23 (709). С.100-109.

УДК 629.1.03

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА ДЛЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Каминский Валерий Юрьевич* – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией ФГБУН Институт проблем транспорта имени Н.С. Соломенко Российской академии наук

*Долгова Марина Анатольевна* – доцент ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова

*Аннотация.* Показано, что основным сдерживающим фактором развития труднодоступных регионов России выступает неразвитость транспортной системы. Утверждается, что дорогостоящее строительство магистральных автомобильных и железных дорог экономически не оправдано. Отмечается необходимость развития перспективных видов транспорта, совмещающего в себе средние скорости самолета, вместимость и надежность поезда, комфорт автомобиля. Показано, что экранопланы и экранолёты могут стать важным элементом транспортных систем труднодоступных регионов, являясь промежуточным звеном между обычным самолетом и кораблем. Рассмотрены преимущества магнитолевитационного и «струнного» транспорта, перспективы эксплуатации в труднодоступных регионах комбинированного летательного аппарата БАРС и дирижаблей различных модификаций.

*Ключевые слова:* труднодоступный регион, транспортная система, экраноплан, маглев, безаэродромный с аэростатической разгрузкой самолет, дирижабль, термоплан, локомоскайнер.

## PROMISING TYPES OF TRANSPORT TO REMOTE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

*Kaminsky Valery Yu.* – Candidate of Engineering Sciences, docent, Head of the Laboratory, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

*Dolgorva Marina A.* – docent, Admiral Makarov State University Maritime and Inland Shipping

*Abstract.* It is shown that the main limiting factor in the development of work-nodostupnyh regions (TDR) is the poor transport system. It is alleged that the expensive construction of main roads and Railways is not economically justified. The necessity of development of prospective kinds of transport that combines the average speed of the aircraft, together price and reliability of trains, the comfort of the car. It is shown that the airfoil for aerodynamic and can be an important element of the transport system of TDR, being Pro-intermediate between conventional aircraft and ship. Advantages magnetogravitational and "string" transport, prospects of operation in the TDR of the combined aircraft of BARS and airships of various modifications.

*Keywords:* remote region, the transport system, the airplane, Maglev, beaurocracy with aerostatic unloading aircraft, airship, termoplan, Locomoskyner.

## **1. Проблемы и перспективы развития труднодоступных регионов**

Основным сдерживающим фактором устойчивого социально-экономического развития и освоения природно-ресурсной базы арктической зоны Российской Федерации, Урала, Сибири, Пермского края и других труднодоступных территорий выступает неразвитость транспортной системы, ее морской и континентальной составляющих. Огромные пространства Сибири и Крайнего Севера фактически отрезаны от центральных районов страны.

Помимо богатейшей природно-ресурсной базы принципиально важным для дальнейшего устойчивого развития Российской Федерации становится географическое положение, обуславливающее активное использование пространств малодоступных регионов страны. Генерируемый пространственными факторами и недоиспользуемый сегодня потенциал заключается в уникальных транспортно – логистических возможностях России, которая способна осуществить стратегический маневр и стать конкурентоспособным транзитным государством с развитой сферой услуг и сервисной экономикой.

При этом необходимо учитывать и некоторые другие характерные черты, отличающие труднодоступные территории от других регионов страны и определяющие условия, направления и масштабы социально-экономического развития и обеспечения национальной безопасности во всех сферах жизнедеятельности. Среди них особо выделяются низкая плотность населения и высокая дисперсность системы расселения, удаленность от основных промышленных центров нашей страны и очаговое освоение территории, обуславливающие переход от площадного к узловому (кластерному) развитию макрорегиона [1].

При низкой плотности населения вряд ли целесообразно развитие наземного транспорта, требующего дорогостоящей наземной инфраструктуры. Однако и развитие традиционного воздушного транспорта в малонаселенных регионах связано с экономически не оправданными затратами на инфраструктуру аэропортов и обеспечением требуемого уровня безопасности, большими эксплуатационными расходами.

В среднем затраты на создание и эксплуатацию транспортной инфраструктуры в Восточной Сибири и на Крайнем Севере примерно в 20 раз выше, чем в центральных регионах России.

По расчетам экспертов, дорогостоящее строительство магистральных автомобильных и железных дорог в Сибири, на Дальнем Востоке и Крайнем Севере может привести к разорению страны. Создание традиционной транспортной инфраструктуры по типу Западной России на территории Восточной России, занимающей площадь в несколько десятков тысяч квадратных километров, потребует, как утверждают многие аналитики, не один десяток триллионов рублей и не одну сотню лет. Ещё один пример, если Россия в своей транспортной стратегии будет опираться только на существующие ресурсоемкие и энергозатратные виды транспорта, то для достижения уровня США XX

века потребуются свыше 100 лет и более одной тысячи триллионов рублей. При этом надо учесть, что площадь России почти вдвое больше площади США, а три четверти ее территории занимают тундра, тайга, болота, вечная мерзлота.

Как известно, в условиях севера и тайги возникают большие трудности при строительстве железных дорог, что приводит к неравномерному освоению территории. Развитие авиации частично помогает решить эту проблему. Но и авиация не всегда может служить идеальным видом регулярной связи, так как зависит от метеорологических условий, требует строительства сложных и громоздких аэродромных хозяйств, диктует соблюдение предельно высоких технологических требований к системам самолета и, особенно к двигателям, без чего нельзя гарантировать безопасность полета. Сложные локационные системы следят за каждой машиной в воздухе, корректируя ее полет в постоянно меняющихся метеорологических условиях. При массовом использовании воздушных коридоров не исключена возможность столкновения самолетов. Все это делает авиацию сравнительно дорогим средством транспорта.

В Сибири для доставки на места, например, геологических разведывательных партий, широко используются вертолеты. Однако и вертолет нельзя считать перспективным средством массового сообщения из-за его малой пропускной способности, недостаточной надежности, ограниченной дальности, сравнительно небольшой массы перевозимого груза (не более 20 тонн), высокой стоимости перевозки и невысокой скорости. Речной транспорт отличается еще большей тихоходностью. Его маршруты привязаны к руслу рек и ограничены периодом летней навигации. Использование дирижаблей ограничивается погодными условиями и требованиями безопасности полетов, этим аппаратам необходима также сложная и дорогостоящая инфраструктура обслуживания.

С учётом уникального геополитического положения России и огромной территории страны, сочетающихся с недостаточно развитой транспортной инфраструктурой, развитие перспективных видов транспорта имеет особое значение. При этом для эффективного осуществления системы расселения и равномерного использования территории страны необходима сеть транспорта, совмещающего в себе средние скорости самолета, вместимость и надежность поезда, комфорт автомобиля.

## **2. Перспективные виды транспорта для труднодоступных регионов**

Отечественные предприятия располагают рядом оригинальных научно-технических заделов довольно высокого качества, в том числе и не имеющих аналогов в мире. К ним можно отнести: технологии судостроения, экранопланостроения, создания высокоскоростных амфибийных транспортных средств на динамической и статической воздушной подушке, включая платформы на воздушной подушке: самоходные, буксируемые, ледокольные, технологические; самолеты с шасси на воздушной подушке, транспортные средства на магнитной подвеске, с волновым двигателем, дирижабле-краны и т.п.

Проанализируем достоинства и недостатки уникальных транспортных средств и особенности их эксплуатации в труднодоступных регионах страны.

**2.1. Экранопланы.** Радикально уменьшить сопротивление и повысить мореходность при движении на больших скоростях, возможно, если полностью поднять судно над гребнями волн и при этом использовать полезное влияние поверхности для создания аэродинамической подъемной силы. Подобный способ реализуется новым типом судна – экранопланом.

Экраноплан [2] позиционируется как новый вид водного транспорта, в котором объединяются скоростные качества самолета с мореходностью и грузоподъемностью традиционных судов. Это летательный аппарат, способный совершать устойчивый и управляемый полет в непосредственной близости от подстилающей поверхности, с ис-

пользованием полезного влияния эффекта экрана в виде снижения аэродинамического сопротивления и повышения подъемной силы.

Экранный эффект – изменение несущих свойств крыла на малых высотах полета – возникает, когда аппарат летит низко и расстояние от крыла до земли или поверхности воды невелико. Набегающий поток, отражаясь, успевает дойти до поверхности и вернуться обратно. То есть крыло уплотняет под собой набегающий поток воздуха, превращая его в динамическую воздушную подушку. Таким образом, возникает дополнительная подъемная сила.

Разработка экраноплана – судна с полным отрывом корпуса от воды и самолетными скоростями до 500-700 км/ч, является логическим продолжением поиска способов повышения скорости на водном транспорте. Резкое увеличение скорости транспортного средства связано с идеей поднять корпус судна из воды в воздух – в среду в 840 раз менее плотную. Опора на подушку из сжатого воздуха, делает экраноплан гораздо быстрее самых скоростных катеров и экономичнее самолёта.

В России работы начаты в 60-х годах по инициативе и под руководством Р.Е. Алексеева, сразу же после создания им всемирно известных Ракет, Метеоров, Комет. В период с 1960-го по 1985-й годы было испытано около 10 самоходных моделей, созданы тяжелые экранопланы КМ (корабль-макет), Орленок, Лунь (рис. 1).



*Рисунок 1 – Экранопланы различных типов конструкции Р.Е.Алексеева:  
1 – Орлёнок; 2 – Лунь (тяжёлый экраноплан); 3 – СМ-9 («летающее крыло» - последняя разработка - 1980 г.)*

Международная Морская Организация (ИМО) классифицирует экранопланы по трём типам (документ ИМО ДБ 40111/1):

– тип А – экранопланы, которые способны эксплуатироваться только на высотах действия «эффекта экрана» (высота полета не более размера хорды крыла);

– тип В – экранопланы, способные кратковременно и на ограниченную величину увеличивать высоту полета над экраном;

– тип С – экранопланы, способные на длительное время отрываться от экрана на неограниченную высоту полета (экранолёты).

Экраноплан обладает возможностью самостабилизации по высоте, крену и тангажу (дифференту), что обеспечивает безопасность полета на предельно малых высотах над водной поверхностью. Основным режимом движения является установившийся горизонтальный полет, в котором управляющие воздействия пилота невелики и связаны в основном с поддержанием полета на минимально возможной высоте.

По конструктивно-технологическому устройству (металл, оборудование, двигатели) и условиям эксплуатации (базирование, взлет-посадка, полет) экраноплан практически ничем не отличается от гидросамолета. Его специфика заключается в способности к устойчивому приэкранному режиму крейсерского полета на высотах 0-5 м. Полет в более плотных, чем у самолетов, слоях атмосферы позволяет создавать в 1,5-3 раза более тяжелые аппараты при той же площади крыла и мощности двигателя.

Экранопланы могут стать важным элементом транспортных систем, являясь промежуточным звеном между обычным самолетом и кораблем.

Промышленная эксплуатация экранопланов могла бы удовлетворить спрос на скоростные морские грузопассажирские перевозки, которые не могут быть обеспечены традиционными типами транспортных средств.

Анализ табличных данных (табл.) показывает, что ни один летательный аппарат не может сравниться с кораблем по грузоподъемности и эффективности использования топлива. Вместе с тем, скорость экраноплана почти в 10 раз выше, и для доставки срочных грузов экраноплан предпочтительнее в сравнении с самолетом, при условии, что его качество в полете будет более  $K_{кр} > 20-30$ .

*Таблица – Сравнительные характеристики различных видов транспорта [3]*

| Параметр\Тип судна                           | Широкофюзеляжный грузовой самолет | Экраноплан | Корабль среднего размера |
|--|-----------------------------------|------------|--------------------------|
| Вес полный, т                                | 387,5                             | 900        | 153300                   |
| Вес груза, т                                 | 100                               | 405        | 115000                   |
| Скорость крейсерская, км / ч                 | 891                               | 231,5      | 32,7                     |
| Расход топлива, кг / ч                       | 11754                             | 3143       | 9183                     |
| Качество ( $K=G/Q$ )                         | 18                                | 30         | 640                      |
| Топливная эффективность, т * км / кг топлива | 7,57                              | 29,7       | 411                      |

Особняком среди экранопланов стоят «русские летающие тарелки» – экранолёты ЭКИП [4] (конструктор Л.Н. Щукин), относящиеся к экранопланам типа С (рис. 2). Экранолёт оснащается турбовинтовым двигателем, может развивать скорость до 400 км/ч, предназначен для использования в гражданских и военных целях. Построено два экземпляра по схеме «летающее крыло» с дисковидным фюзеляжем и активным управлением течением пограничного слоя. В его конструкции использовались уникальные двигатели, работающие как на керосине, так и на водороде, или же на специальном экономичном водно-эмульсионном топливе, содержащем от 10% до 58% воды.

Кроме воды и запатентованного эмульгатора в этом топливе применялся один из углеводородов (низкосортный бензин, либо продукты природного или попутного газа), октановое число у водно-эмульсионного топлива было 85. Из-за равномерного распределения нагрузки на корпусе аппарата стало возможным использование композитных материалов, что обеспечивает аппарату малозаметность в радиодиапазоне. Уменьшается также акустическая и тепловая заметность. ЭКИП может летать на высоте от 3 метров до 10 000 метров. Все эти уникальные качества отражены в его названии: ЭКИП — сокращение слов «экология и прогресс». Судно можно использовать в условиях от-

сутствия аэродромов, что достигается благодаря применению вместо шасси воздушной подушки, поэтому для взлёта и посадки можно использовать неподготовленный грунт, воду, лед, что дает возможность сократить затраты на инфраструктуру. По расчетам, при взлётной массе 600 тонн, экранолёт может нести полезный груз массой 200 тонн на дальность 8600 км.



*Рисунок 2 – Экранолёт ЭКИП в полёте*

Большой пространственный объём и грузоподъёмность экранолёта позволяют перевозить широкий спектр грузов. Как отмечалось выше экранолёты (в отличие от экранопланов) способны совершать полет также и на большой высоте без влияния экрана, что дает возможность применять их круглогодично, а также вне акваторий водоемов. Экранолёты смогут брать на борт от 40 до 1200 чел. В 1993 г. правительство РФ приняло решение о финансировании проекта, но деньги так и не были выделены. Аппарат строился на Саратовском авиазаводе, но в связи с отсутствием заказов и средств, проект был закрыт. В 2007 г. создан российско-американский летательный аппарат на основе ЭКИПа – Vortex Cell 2050.

Экраноплан унаследовал от кораблей большую грузоподъёмность, вместимость и комфортабельность, а от самолётов – скорость, дальность и сравнительно малочисленный экипаж. Самые быстроходные суда, как известно, имеют скорость 55 – 65 км/ч, а современные экранопланы – до 200-300 км/ч и выше. По сравнению с самыми экономичными самолётами транспортная эффективность уже разработанных и построенных судов-эканопланов в полтора-два раза выше, т.е. составляет 30-35%, а в перспективе может достигать более 50% от полной массы экраноплана.

Сравнение технико-экономических показателей экранопланов со скоростными судами (глиссирующими, на подводных крыльях и воздушной подушке) при их использовании в качестве региональных транспортных средств также указывает на приемлемый уровень их конкурентоспособности, как по величине прямых эксплуатационных расходов, так и по общей стоимости жизненного цикла (стоимость закупки плюс стоимость обслуживания). При этом за счет более высокой скорости необходимая грузоподъёмность судов – экранопланов при равной транспортной работе может быть в 2,6-3,3 раза меньше, но при этом обеспечивается значительная экономия во времени при транспортных операциях и максимальная дальность хода в светлое время суток. В перспективе, при создании специализированного бортового оборудования для экранопланов (высокоточного навигационно-пилотажного с использованием космической системы ГЛОНАСС, радиолокационного и оптикоэлектронного оборудования высокого разрешения, радиовысотометров для экранного полета и реализации режима «В», и др.), появится возможность круглосуточного и всепогодного применения экранопланов.

В дополнение к вышеперечисленным достоинствам необходимо отметить, что судам – экранопланам не нужны развитые причальные сооружения, высококлассные

гидро – и аэродромы, они мало зависят от погодных условий, гораздо меньше подвержены морской качке, чем корабли. Экранопланы с их превосходными амфибийными качествами обеспечат бесперебойную круглогодичную навигацию. По прогнозам специалистов, уже в ближайшие десятилетия экранопланы потеснят на рынке грузовых перевозок, особенно трансконтинентальных, все типы морской и авиационной техники. Возникнет рынок поставок экранопланов на экспорт, рынок оказания услуг с их помощью, что увеличит доходы в бюджет государства от внешнеэкономической деятельности.

С помощью тяжелых судов - экранопланов типа А и В, и, в перспективе, экранолетов типа С можно создать комплексную производственно - транспортную экологически совместимую систему круглогодичной транспортировки грузов, например, в северные регионы России. Появится возможность эффективно осваивать Крайний Север с его богатыми месторождениями полезных ископаемых, развивать нормальное сообщение и перевозку грузов в Сибири и на Дальнем Востоке, в непроходимой тундре и труднодоступных районах.

**2.2. Транспортные средства на магнитной подвеске.** Подвижной состав транспортных систем на магнитной подвеске (подушке) [5] движимый и управляемый силой электромагнитного поля не имеет контакта с путевым полотном, так как вместо колес используются магниты. С магнитной подвеской удачно сочетается линейный электропривод, который преобразует электрическую энергию в поступательное движение экспресса, без передаточных звеньев. В настоящее время это транспортное средство относят к интеллектуальному высокоскоростному транспорту.

Так как между поездом и поверхностью полотна существует зазор, трение между ними исключается, и единственной тормозящей силой является аэродинамическое сопротивление. Скорость, достигаемая поездом на магнитной подушке, сравнима со скоростью самолёта и позволяет составить конкуренцию воздушному транспорту на ближнее - и среднемагистральных направлениях.

Магнитолевитационные технологии позволяют пользоваться легкими несущими конструкциями (сваями, опорами, балками, земляным основанием), так как нагрузки распределяются на несущую поверхность по всей длине и ширине подвижного состава, а не сосредоточены в точке соприкосновения колеса с несущей поверхностью (как пра-вило, рельсом) (рис. 3).



*Рисунок 3 – Двухпутная магнитолевитационная магистраль*

Обустройство дорожного пути (жёлоба) для поезда на магнитной подушке в отличие от железных дорог не требует расчистки тайги, выравнивания грунта, обхода на-

земных естественных препятствий, большого расхода стали на рельсовый путь. Отверстия в грунте для типовых опор-свай можно выполнять с помощью специальных долбежных машин, доставляемых на трассу грузоподъемными дирижаблями. Длина одного прогона желоба может быть порядка 100 м. Установка стандартных сборных железобетонных элементов, прогонов и опор значительно увеличит скорость прокладки трассы в сравнении с темпами прокладки железных дорог и строительства аэродромов. Важное преимущество поезда на магнитной подушке – возможность повысить скорость сообщения в пять-шесть раз в сравнении с железной дорогой и довести ее до 500-600 км/ч. В отличие от авиации такой экспресс, уступая ей в скорости, лишен необходимости осуществлять сложные маневры взлета и посадки в неблагоприятных метеорологических условиях. Отметим, дополнительно, в качестве преимуществ транспортных средств на магнитной подушке, следующие: исключение схода с путевой структуры, отсутствие шума от качения колеса и работы электропривода, минимальное влияние на окружающую среду, гибкое включение путевой структуры в ландшафт. Благодаря отсутствию механического контакта, высокому КПД тягового линейного электродвигателя, низкому аэродинамическому сопротивлению обеспечивается энергоэффективность движения.

**2.3. Струнный транспорт.** Транспортная система (разрабатываемая с 1977 года А. Э. Юницким) основана на аппарате, сочетающем признаки автомобильного и железнодорожного транспорта [6].

Один из основных компонентов струнной транспортной системы – струнный рельс (рельс-струна), или струнная балка (балка-струна), или струнная ферма (ферма-струна) особой конструкции. Рельс (балка, ферма), как правило, представляет собой пустотелый стальной (в перспективе – композитный) короб, внутри которого размещён пакет натянутых проволок-струн или лент, нитей, прутьев и других протяжённых силовых элементов. Внутреннее пространство короба, не занятое струнами, заполняется минеральными или полимерными композициями. Над землей на стойках размещаются два рельса, на которые сверху устанавливаются (или подвешиваются снизу) кабинки – транспортные модули «Юнибусы» (рис. 4). Модули могут собираться в поезда вместимостью до 1000 человек и передвигаться со скоростью до 500 км/час. Струнный транспорт в 5 раз экономичнее самолета и в 6 раз экономичнее высокоскоростных железных дорог. В качестве привода в подвижном составе могут использоваться: двигатель внутреннего сгорания с приводом на колесо, электродвигатель с приводом на колесо, двигатель любого типа с приводом на воздушный винт, мотор-колесо, линейный электродвигатель, газовая турбина, тяговый канат.



*Рисунок 4 – Транспортный модуль на рельсах*

В 2001 году, был построен опытный участок грузовой транспортной системы в городе Озёры Московской области.

Достоинства подобного вида транспорта для труднодоступных районов страны: низкая материалоемкость и стоимость всей транспортной инфраструктуры, отсутствие колоссальных топливных затрат на уборку снега и наледи, долговечность пути и подвижного состава, свободное передвижение животных, высокая экологичность системы, возможность полной автоматизации (отказ от водителей и вагоновожатых), снижение аварийности и смертности за счёт использования компьютеризированной системы управления и исключения человеческого фактора, отсутствие значительных шумовых, вибрационных или электромагнитных воздействий на окружающую среду.

БАРС - это комбинация трех известных летательных аппаратов: дирижабля, самолета, вертолета, а также судна на воздушной подушке [7]. Комбинированный летательный аппарат, свободен от недостатков упомянутых летательных средств, но сохраняет их положительные качества. Исключены следующие недостатки: дирижабля – парусность, требование наличия сложной системы обслуживания; самолета – необходимость иметь аэродром; вертолета – небольшая дальность и высокая стоимость перевозок.

**2.4. Безаэродромный с аэростатической разгрузкой самолет (БАРС).** Применение элементов судна на воздушной подушке и несущего винта вертолета обеспечило БАРСУ безаэродромность базирования и возможность эксплуатации с неподготовленных взлетно-посадочных площадок (озеро, река, болото, поле и т.д.). При этом исключена сложная инфраструктура аэро - и дирижаблепортов (БАРС имеет бортовую систему самообслуживания). Сохранение в аппарате элементов самолета (несущие поверхности) и дирижабля (подъемный газ) обусловило большую грузоподъемность, дальность и высокую экономичность перевозок, при этом обеспечивается независимость от погодных условий при автономном базировании аппарата и высокой безопасности полета.

Исследования, разработка и постройка экспериментального образца аппарата проходили в течение 10 лет. БАРС прошел стендовые и летные испытания, в ходе которых проводились полеты на высоте от 0,5 до 3 метров (рис. 5).



*Рисунок 5 – БАРС – Белла-1 на взлётной площадке*

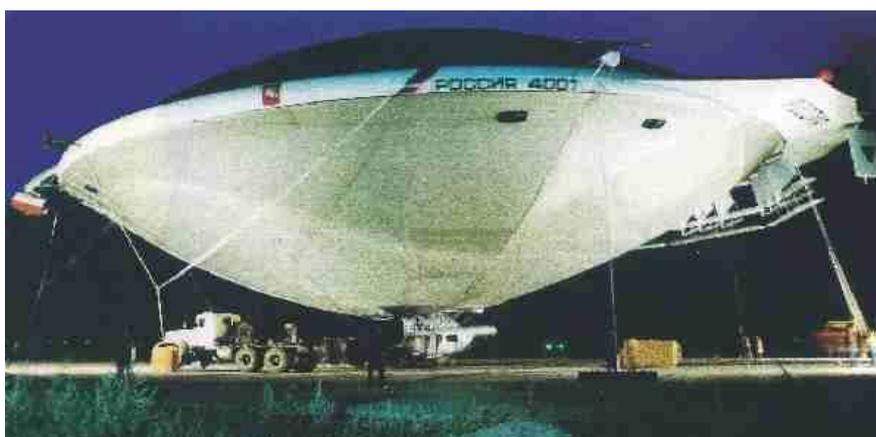
Испытания подтвердили, широкие возможности применения БАРСа, в том числе для доставки грузов и людей в труднодоступные районы Сибири и Крайнего Севера

при стоимости, сопоставимой с перевозкой по железной дороге. Аппарат предназначен для эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока России с более высокой транспортной эффективностью, чем применяющиеся в настоящее время лёгкие самолеты и вертолёты. Способен перевезти 5-6 пассажиров на дальность до 1000 км.

**2.5. Дирижабли.** Дирижабль – летательный аппарат легче воздуха, представляющий собой комбинацию аэростата с силовой установкой (обычно это двигатель внутреннего сгорания с воздушным винтом) и системой управления ориентацией (рули управления), благодаря чему дирижабль может двигаться в любую сторону независимо от направления воздушных потоков [8].

В конце 1980-х – начале 1990-х годов в СССР появился проект «Термоплан» (Рисунок 6). Это был дисковидный аппарат диаметром 40 метров, высотой в 16 метров и объемом 10660 куб. метров. Отличительной особенностью дирижабля являлось использование для создания подъёмной силы помимо гелиевой секции также секции с воздухом, нагреваемым двигателями (идея, высказанная К.Э.Циолковским в 90-х годах XIX века). Благодаря этому удалось снизить вес непроизводительного балласта на 70-75% в сравнении с дирижаблями других конструкций и, следовательно, повысить экономичность (до 28,125 грамм на тонно-километр при проектной грузоподъёмности 2000 тонн). Кроме того, подобному дирижаблю не нужны закрытые эллинги и причальные мачты, что резко снижает стоимость обслуживающей инфраструктуры. Доскообразная форма корпуса позволяет осуществлять полёт при боковом и встречном ветре в 20 м/с. Силовая установка состояла из пяти двигателей: два двигателя производили горячий воздух для термосекции аппарата и вырабатывали электричество для маневровых электродвигателей, два других выполняли функции маневровых двигателей, поворачиваясь с винтами в требуемом направлении и последний двигатель – маршевый. Грузоподъёмность аппарата составляла 3-5 тонн.

Локомоскайнер – проект дирижаблей, для перевозки больших и малых грузов в труднодоступные районы. Является современным продолжением идей, реализованных в Термоплане. Внутри оболочки данного летательного аппарата, как и у Термоплана имеется два объема: один заполнен гелием, второй – горячим воздухом, поступающим от маршевых двигателей. Гелий обеспечивает практически «нулевую плавучесть» изделия, горячий воздух – балансировку груза, подъем и снижение.



*Рисунок 6 – Термоплан АЛА-40*

АТЛАНТ (рис. 7) – Аэростатический Транспортный Летательный Аппарат Нового Типа – это комбинированное воздушное судно сочетает в себе лучшие качества дирижабля с отдельными элементами самолёта, вертолёта и судна на воздушной по-

душке. Такой подход позволяет, сохранив уникальные преимущества дирижаблей – большую дальность, грузоподъёмность, экономическую и экологическую эффективность, избавиться от традиционных для этого вида транспорта недостатков. АТЛАНТ – принципиально новая транспортная система для доставки грузов в труднодоступные регионы Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока на основе безаэродромных аэростатических летательных аппаратов.

АТЛАНТ обеспечит не только прямой экономический эффект, но также станет уникальным экологически чистым транспортом. Применение каждого такого аппарата вместо традиционных авиационных средств доставки грузов, ежегодно сэкономит около 50 тонн топлива, а в атмосфере сохранится более 100 тонн кислорода.

АТЛАНТ в зависимости от модификации сможет поднимать в воздух до 200 тонн груза и переносить его на тысячи километров со скоростью 120-150 км/час. И, главное, ему не нужны специально оборудованные посадочные площадки – он может сесть где угодно, на снег и даже на воду.

С целью проведения мониторинга местности в северных регионах России используются беспилотные дирижабли, оснащённые тепловизорами, лазерными датчиками, радиолокаторами и видеокамерами. К ним относится беспилотный аппарат ДП-27 «Анюта» (рис. 8).



*Рисунок 7 – АТЛАНТ на строительстве нефтяной платформы*



*Рисунок 8 – Беспилотный дирижабль ДП-27 «Анюта»*

Дирижабли обеспечивают большую грузоподъёмность и дальность беспосадочных полётов, более высокую (в сравнении с самолётами и вертолётами) надёжность и безопасность, меньший, чем у вертолётов, удельный расход топлива и, как следствие, меньшую стоимость полёта в расчёте на пассажиро-километр или единицу массы пере-

возимого груза. Дирижабли-краны позволят отказаться от доставки на место строительства в труднодоступных районах обычных кранов и монтажных механизмов.

Рабочий объём дирижабля может быть очень велик, длительность нахождения в воздухе может составлять недели. Дирижаблю не требуется взлётно-посадочная полоса (но зато требуется причальная мачта) – более того, он может вообще не приземляться, а просто «зависнуть» над землёй (осуществимо только при отсутствии сильного бокового ветра).

К недостаткам дирижаблей относятся малая скорость в сравнении с самолётами, вертолётами, экранопланами и даже скоростным наземным транспортом (как правило, до 160 км/ч), а так же низкая маневренность – в первую очередь из-за малой эффективности аэродинамических рулей в канале курса при малой скорости полёта и из-за малой продольной жёсткости оболочки. Отметим так же сложность приземления из-за низкой маневренности, зависимость от погодных условий (особенно при сильном ветре, большие размеры требуемых ангаров (эллингов), сложность хранения и обслуживания на земле, низкая надёжность и долговечность оболочки, высокую стоимость обслуживания дирижабля (особенно крупногабаритного). Как правило, для современных малых дирижаблей требуется так называемая причально-стартовая команда, состоящая от 2 до 6 человек.

### **Заключение**

Анализ передовых отечественных разработок подтверждает возможность создания экологически совместимых транспортных схем с применением уникальных средств транспорта многоцелевого назначения. Спектр их использования включает в себя, как минимум, несколько направлений:

- грузопассажирские перевозки между населенными пунктами, не связанными наземной инфраструктурой;

- обеспечение круглогодичной навигации в суровых климатических условиях, каботажное плавание, организация транспортного сообщения между отдаленными районами на трассе Севморпути, в том числе для оказания первой медицинской помощи, доставки стратегических грузов, а также вывоза ценных видов сырья с малым удельным весом (рудные концентраты редких металлов, алмазы и алмазная крошка и т.д.);

- обеспечение потребностей разведки и разработки углеводородных месторождений на континентальном шельфе Российской Федерации, включая обслуживание буровых платформ (транспортировка необходимых грузов и персонала), сбор и доставку буровых кернов в места лабораторных исследований;

- осуществление спасательных операций, оказание помощи терпящим бедствие (вследствие природных и антропогенных катастроф) судам, кораблям, подводным лодкам, летательным аппаратам и приводнившимся космическим объектам;

- предотвращение и быстрое реагирование на угрозы различного характера с морских направлений, защита Государственной границы Российской Федерации, предупреждение террористических актов на море и прочих угроз национальной безопасности в Мировом океане.

### *Список литературы*

1. Альтернативное теплоснабжение в районах Крайнего Севера / Ю.Е.Крылов, В.Ю. Каминский, В.Г. Мурамович // Транспорт России: проблемы и перспективы: материалы Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф. 24-25 ноября 2015 г. Санкт-Петербург. Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН. СПб. 2015. Т. 2. С. 69-75.

2. Крылатые суда России: История и современность / А.И. Маскалик, Р.А. Нагапетян, А.Я. Вольфензон и др. СПб.: Судостроение. 2006. 240 с.

3. Экранопланы. Особенности теории и проектирования / А.И. Маскалик, Б.А. Колызаев, В.И. Жуков и др. – СПб.: Судостроение. 2000. 320 с.
4. Авиационный концерн «ЭКИП» – URL: <http://www.ekip-aviation-concern.com/rus-b/0.shtml> (дата обращения: 20.10.2016).
5. Антонов Ю.Ф., Зайцев А.А. Магнитолевитационная транспортная технология / Под ред. В.А. Гапановича. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2014. 476 с.
6. Струнные технологии Юницкого - URL: <http://yunitskiy.com> (дата обращения: 20.10.2016).
7. Филимонов А.И. Новый авиационный транспорт для освоения для освоения восточных регионов Российской Федерации // Транспорт Российской Федерации. 2011. № 4 (35). С. 63-65.
8. Арие М.Я. Дирижабли // Медиа.1986. 264 с.

УДК 338.47:656 (470.1/.2+571.121)

## **КРИТЕРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОПОРНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ЕВРОПЕЙСКОГО И ПРИУРАЛЬСКОГО СЕВЕРА РОССИИ**

*Фомина Ирина Валерьевна* – научный сотрудник лаборатории проблем транспорта

*Шевелёва Анна Анатольевна* – младший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта

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

*Аннотация.* В работе рассматриваются критерии, на основании которых осуществляется определение основных населенных пунктов при формировании существующей и перспективной опорной транспортной сети Европейского и Приуральского Севера России. Приведены результаты исследования.

*Ключевые слова:* основной населенный пункт, экономический центр, транспортный узел, опорная транспортная сеть.

## **CRITERIA FOR DEFINITION OF THE SETTLEMENTS WHEN FORMING A BASIC TRANSPORT NETWORK IN THE EUROPEAN AND CISURAL NORTH OF RUSSIA**

*Fomina Irina V. – Researcher of the Laboratory of Transportation Problem*

*Sheveleva Anna A. – junior researcher of the Laboratory of Transportation Problem  
Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Science Centre, Ural  
Branch, Russian Academy of Sciences*

*Abstract.* In article criteria on the basis of which definition of basis settlements is carried out at forming of an existing and perspective basic transport network in the European and Cisural North of Russia are considered. Results of research are given.

*Keyword:* main settlement, economic center, transport hub, basic transportation network.

Элементами опорной транспортной сети региона являются транспортные узлы и пути сообщения, обеспечивающие доступность транспортных услуг между основными населенными пунктами и экономическими центрами, расположенными на его территории. В качестве таковой территории рассматривается Европейский и Приуральский Север России (ЕиПСР), границы которого обозначены в работе [1]. Транспортные узлы опорной транспортной сети региона определяются исходя из основных населенных пунктов и экономических центров, в которых концентрируются и тяготеет большинство источников грузо- и пассажиропотоков на данной территории – это крупные промышленные и административные центры, крупные транспортные узлы и др. В этой связи при формировании как существующей, так и перспективной опорной транспортной сети региона возникает необходимость в выборе таковых населенных пунктов и экономических центров на территории ЕиПСР и, соответственно, в определении критериев для их отбора.

Определяющими характеристиками для критериев, в соответствии с которыми осуществляется выбор населенных пунктов и экономических центров ЕиПСР, являются:

- свойства населенного пункта (тип, численность населения, функциональная принадлежность);

- состояние опорной транспортной сети (существующая и перспективная).

Численность проживающего населения является одной из самых распространенных характеристик, согласно которой классифицируются населенные пункты. В этой связи при разработке критериев, отвечающих за выбор основных населенных пунктов формируемой опорной транспортной сети региона, возникает необходимость в определении минимальной границы для численности населения с тем, чтобы исключить из рассмотрения совсем малые населенные пункты. Анализ статистических данных о динамике численности населения рассматриваемого региона, особенностей регионального законодательства субъектов ЕиПСР и результатов исследований в области урбанистики и градостроительства [2] позволили обозначить нижнюю границу (15 тыс. чел.) как величину, минимально допустимую для обозначения людности основных населенных пунктов при формировании существующей опорной транспортной сети региона. При этом выявление функциональной принадлежности населенного пункта в формируемой опорной транспортной сети региона подразумевает, что населенные пункты рассматриваются еще и как:

- промышленные центры (место сосредоточения основных производств субъекта ЕиПСР);

- центры добычи природных ресурсов;

- транспортные узлы (место слияния нескольких путей сообщения);

- республиканские и областные административные центры (место основного сосредоточения проживающего населения субъекта ЕиПСР);

- прочие населенные пункты.

Необходимость обозначения именно таких групп функциональной принадлежности населенных пунктов при формировании опорной транспортной сети обусловило следующее:

- согласно данным официальной статистики в структуре формирования и распределения валового регионального продукта субъектов ЕиПСР высокую долю занимают добывающие и обрабатывающие производства;

- согласно данными официальной статистики (2014 г.) в административных центрах субъектов сосредоточено более 25% населения ЕиПСР;

- основу транспортной сети ЕиПСР в настоящее время составляют железнодорожные и автомобильные магистрали, Северный морской путь и т.д.;

– а также результаты исследований в области урбанизации [3,4], и особенностей транспортного освоения территории [5] и др.

Все это позволило определить критерии выбора населенных пунктов при формировании опорной транспортной сети ЕиПСР. В качестве таковых рассматривались:

- административные центры (столицы) субъектов ЕиПСР;
- административные центры муниципальных образований (районные центры) с численностью жителей более 15 тыс. чел. (на 1 января 2014 г.);
- крупные промышленные центры, включая центры добычи полезных ресурсов;
- крупные транспортные узлы.

При разработке критериев, отвечающих за выбор основных населенных пунктов при формировании опорной транспортной сети региона, учитывалось, что они должны удовлетворять как существующей, так и служить основой при формировании перспективной опорной транспортной сети.

Выбор основных населенных пунктов при формировании опорной транспортной сети региона осуществлялся путем:

- построения списка существующих и перспективных населенных пунктов;
- выбор из списка существующих и перспективных населенных пунктов населенных пунктов основных, согласно установленным критериям отбора.

Существующая опорная транспортная сеть региона является основой для построения перспективной. При этом в зависимости от направления развития перспективная опорная транспортная сеть может быть представлена в нескольких вариантах. Перспективы развития опорной транспортной сети в большей мере определяются содержанием стратегических документов федерального, регионального и иного уровня, в том числе, стратегических планов крупных компаний, действующих на данной территории. В числе таковых следует рассматривать:

- крупные проекты по строительству железнодорожных магистралей (проекты «Баренцкомур» и «Белкомур»);
- транспортно-инфраструктурное обеспечение крупных проектов по разработке нефтегазовых месторождений на территории ЕиПСР (проекты «Ямал СПГ», «Печора СПГ»);
- развитие сети опорных и вспомогательных портов СМП и др.

При этом в формировании перспективной опорной транспортной сети ЕиПСР для выбора населенного пункта показатель численности не будет решающим, поскольку в качестве источников грузопотоков могут рассматриваться перспективные месторождения, расположенные в отдаленной и малонаселенной местности. Таким образом, наличие населенного пункта необходимо только, чтобы географически обозначить местоположение объекта.

В результате были сформированы таблицы основных и перспективных населенных пунктов опорной транспортной сети ЕиПСР (табл.1 и 2).

В дальнейшем число населенных пунктов может быть сокращено за счет того, что города-спутники включены в состав городских агломераций и рассматриваются как единый транспортный узел (например, Архангельский) при формировании опорной транспортной сети ЕиПСР.

Таким образом, результаты исследования позволили выявить критерии для определения населенных пунктов при формировании существующей и перспективной опорной транспортной сети ЕиПСР, учитывающие наличие текущих источников грузов и пассажиропотоков и перспектив их развития на территории рассматриваемого региона.

*Таблица 1 – Основные населенные пункты опорной транспортной сети Европейского и Приуральского Севера России (фрагмент)*

| Административный центр субъекта Европейского и Приуральского Севера | Административные центры муниципальных образований субъектов Европейского и Приуральского Севера | Крупные промышленные центры                 | Крупные транспортные узлы         |
|---|---|---|-----------------------------------|
| <b>Ненецкий автономный округ</b>                                    |   |   |                                   |
| г. Нарьян-Мар   |   |   |                                   |
| <b>Архангельская область</b>  |   |   |                                   |
| г. Архангельск  | г. Северодвинск<br>г. Новодвинск<br>г. Вельск<br>...  | г. Котлас<br>г. Кораязма<br>г. Онега<br>... | п. Коноша<br>п. Обозерский<br>... |
| <b>Республика Коми</b>  |   |   |                                   |
| г. Сыктывкар  | г. Ухта<br>г. Печора<br>...   | г. Воркута<br>г. Усинск<br>...              | г. Микунь<br>г. Сосногорск<br>... |

Примечание к табл. 1: Архангельская обл. без Ненецкого автономного округа.  
... – перечень имеет продолжение

*Таблица 2 – Перспективные населенные пункты Европейского и Приуральского Севера России (фрагмент)*

| № п/п | Субъект Европейского и Приуральского Севера | Наименование перспективного населенного пункта | Перспективы развития   |
|-------|---|--|--|
| 1.    | Архангельская область                       | с. Карпогоры                                   | Проект «Белкомур» (северный участок)                               |
| 2.    | Ненецкий автономный округ                   | п. Усть-Кара                                   | Проект продления железной дороги от г. Воркута, сеть портов СМП    |
|       |   | п. Амдерма                                     | Проект продления железной дороги, сеть портов СМП                  |
|       |   | п. Индига                                      | Проект «Баренцкомур», проект «Печора СПГ», опорная сеть портов СМП |
| 3.    | Ямало-Ненецкий автономный округ             | п. Сабетта                                     | Проект «Ямал СПГ», опорная сеть портов СМП                         |

Примечание к табл. 2: Архангельская обл. без Ненецкого автономного округа.

#### *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. Анимича Е.Г., Власова Н.Ю. Градоведение. Екатеринбург: Издательство Ур-ГЭУ. 2008. 417 с.

3. Урбанизация и развитие регионов областного уровня / Под ред. М.Н. Межевича и И.И. Сигова; Академия наук СССР, Институт социально-экономических проблем. Л.: Наука. Ленинградское отделение. 1990. 216 с.

4. Оценка современных факторов развития городов и урбанизационных изменений в Сибири / Л.А. Безруков [и др.]; отв. ред.: Л.М. Корытный, Н.В. Воробьёв; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т географии им В.Б. Сочавы. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео». 2011. 213 с.

5. Каючкин Н.П. Географические основы транспортного освоения территории. Новосибирск: Наука. 2003. 167 с

## ВЫБОР ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРСТИК СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА

*Скороходов Дмитрий Алексеевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта имени Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*Аннотация.* Рассматривается принцип выбора оптимальных энергетических характеристик исполнительного привода систем управления движением судов. Существующий метод выбора приводит к завышенным требованиям характеристик исполнительного привода, нерациональному расходу энергии, низкому коэффициенту полезного действия и, как следствие, повышенным массо-габаритным характеристикам. Рассматривается предложенный автором метод изоляции энергетического канала, который позволяет перейти к оптимизации жёсткости механической характеристики, которая определяет основное время работы исполнительного привода в составе системы автоматического управления движением судна, которое находится под воздействием внешних волновых возмущений.

*Ключевые слова:* дисперсия, жёсткость, привод, система, спектральная плотность, судно, энергия, энергетические характеристики.

## SELECTION OF ENERGY PERFORMANCE OF MOTION CONTROL SYSTEMS

*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*

*Abstract.* Discusses the principle of choosing the optimal power characteristics of actuator systems control the movement of ships. The existing method of selection leads to the increased requirements of the characteristics of actuator, unsustainable energy consumption, low efficiency and, consequently, an increased mass-dimensional characteristics. Discusses the author's proposed method of isolating the energy channel that allows you to proceed to the optimization of rigidity of the mechanical characteristic, which determines the basic operating time of actuator in the system of automatic control of the vessel, which is under the influence of external wave disturbances.

*Keywords:* dispersion, stiffness, drive system, spectral density, ship, energy, power characteristics.

**Введение.** При выборе исполнительных приводов нередко используется упрощенный подход, который противоречит важности выполняемых приводом функций в составе системы управления и имеющемуся по данному вопросу опыту проектирования и исследований систем автоматического управления самолетами и ракетами [1-6]. На практике это приводит к нерациональному расходу энергии, низкому коэффициенту полезного действия и повышенным весогабаритным характеристикам исполнительных приводов систем управления движением (СУД). Пренебрежение энергетическим расчетом приводит к тому, что исполнительный привод работает большую часть времени со значительной недогрузкой, достигающей в некоторых случаях 75% мощности, а значит и низким коэффициентом полезного действия.

Использование приводов с завышенными требованиями по моменту нагрузки может привести к поломке механических передач, заклиниванию исполнительных органов (ИО) в крайнем положении и, как итог, к созданию аварийной ситуации на корабле.

Очевидно, что синтезированный алгоритм управления и требуемое движение органов управления должны быть обеспечены энергетически. Иначе говоря, синтез системы нельзя считать законченным, если не произведена энергетическая оценка процессов, так как динамические свойства и конструктивные параметры системы управления в значительной мере определяются параметрами и характеристиками исполнительного привода.

Энергетическая оценка процессов заключается в отыскании таких характеристик и параметров исполнительного привода, при которых достигается минимальный расход энергии с обеспечением требуемых динамических свойств системы управления и точности стабилизации по минимуму среднеквадратической ошибки. Поэтому выбор энергетических характеристик системы управления движением должен являться составной частью исследования системы управления на всех этапах проектирования.

**Принцип изоляции энергетического канала.** Исполнительный привод СУД должен обеспечивать энергетически необходимые параметры движения ИО для получения требуемого качества стабилизации корабля в пространстве в соответствии с выбранными законами управления. Это требует получения определенных энергетических характеристик при статистической нагрузке на валу исполнительного органа. Минимизация среднеквадратической ошибки предусматривает нахождение оптимальной передаточной функции СУД. Поэтому предполагая, что законы управления СУД, выбранные для данной системы, обеспечивают требуемое качество стабилизации корабля, принимаем среднеквадратическую ошибку стабилизации известной и неизменной. Этот факт позволяет упростить задачу статистической оптимизации и рассматривать только вторую часть СУД – исполнительный привод. Упрощение задачи статистической оптимизации в этом случае сводится к рассмотрению исполнительного привода и объекта управления отдельно от устройства, формирующего законы управления.

Последовательность элементов, составляющих исполнительный привод, образует канал, по которому происходит преобразование и передача энергии от внешнего источника к ио. Поэтому определяющей характеристикой исполнительного привода является способность этого канала пропустить определенное количество энергии в единицу времени, т.е. Его энергетическая пропускная способность. При таком подходе естественным является стремление обеспечить объекту управления, требуемые маневренные возможности с помощью исполнительного привода, оптимизированного по своим характеристикам. Таким образом, появляется возможность “изоляции” исполнительного привода от суд. Принцип “изоляции” энергетического канала сводится к следующему [6].

Уравнения движения объекта в общем виде можно представить следующим образом

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum_{i=1}^m a_{ki} x_i + \sum_{i=1}^n b_{ki} y_i + \sum_{i=1}^r h_{ki} f_i, \quad (1)$$

где:  $x_i$  – параметры стабилизации КДПП;  
 $f_i$  – внешние возмущения ;  
 $y_i$  – параметры движения исполнительных органов (закрылков, рулей и т.п.);  
 $a_{ki}$  – передаточная функция КДПП по управлению;  
 $h_{ki}$  – передаточная функция КДПП по возмущению;  
 $b_{ki}$  – передаточная функция КДПП по параметрам движения исполнительных органов.

Схема замкнутой СУД включает в себя регулятор и объект управления. Регулятор, как известно, состоит из двух основных частей: исполнительного привода и устройства, формирующего законы управления системы автоматической стабилизации (УФЗУ СС). Здесь  $\sigma_k$  – законы управления исполнительными приводами объекта управления.

Полагаем, что устройство, формирующее закон управления, позволяет осуществить любой закон управления в пределах ограничений присущих исполнительному приводу и требуемого качества управления объектом в пространстве, как указывалось выше. В этом случае, исходя из того, что требуемый закон движения объекта управления реализуется, можно рассматривать исполнительный привод, как изолированный от остальных элементов системы энергетический канал. Этот принцип можно пояснить следующим образом. Под действием возмущений  $f_k$  объект управления совершает вынужденные колебания  $X_i$ , аналогичные колебания, но противоположно направленные должны придать объекту исполнительные органы, приводимые исполнительным приводом, что в реальных условиях обеспечивает минимальную среднеквадратическую ошибку стабилизации. В идеальном случае ошибка стабилизации равна нулю. Это дает возможность записать следующее равенство:

$$\sum_{k=1}^n b_{ki} y_k = \sum_{k=1}^r h_{ki} f_k \quad (2)$$

которое логически вытекает из уравнения (1). Так как внешние возмущения носят случайный характер, то это требование может быть сформулировано следующим образом:

$$S_{xi}^{yk}(\omega) \equiv S_{xi}^{fk}(\omega). \quad (3)$$

В приведенном тождестве обозначено  $S_{xi}^{yk}(\omega)$  – спектральная плотность параметров движения объекта под действием исполнительных органов;  $S_{xi}^{fk}(\omega)$  – спектральная плотность параметров движения объекта под действием возмущающихся сил. В соответствии с уравнением (1) и формулами, характеризующими установившийся случайный процесс в системе при нескольких стационарных случайных воздействиях, спектральная плотность параметров движения объекта может быть определена по формуле:

$$S_{xi}^{fk}(\omega) = \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^m |h_{ki}(j\omega)|^2 S_{fk}(\omega). \quad (4)$$

Учитывая (1–4), для системы объект-привод входным воздействием являются параметры движения объекта. Ввиду того, что уравнения движения объекта являются в

данном случае известными, существует возможность дальнейшего упрощения системы уравнений для последующей оптимизации энергетических характеристик

Т.о. первоначальная система уравнений приводится к виду, удобному для синтеза энергетических характеристик.

$$\begin{aligned}
 S_{xi}^{yk}(\omega) &= \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^m |b_{ki}(j\omega)|^2 S_{yk}(\omega) \\
 \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^m |b_{ki}(j\omega)|^2 S_{yk}^{xi}(\omega) &= \\
 \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^m |h_{ki}(j\omega)|^2 S_{fk}(\omega) & \\
 \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^m S_{yk}^{xi}(\omega) &= \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^m \frac{|h_{ki}(j\omega)|^2}{|b_{ki}(j\omega)|^2} S_{fk}(\omega)
 \end{aligned} \tag{5}$$

Внешним возмущением данной системы являются статистические характеристики параметров движения исполнительных органов, а выходными параметрами являются момент нагрузки исполнительного привода и мощность. Проведенный анализ уравнений, определяющих оптимальную линейную систему, позволяет непосредственно перейти к оптимизации энергетических характеристик САУ.

**Критерий оптимальности энергетических характеристик системы автоматического управления.** Целесообразно поставить задачу определения оптимальных параметров привода, структурная схема которого задана. Структурная схема привода ИО рассматриваемых объектов является известной и требуется определить его параметры, обеспечивающие экстремум принятого критерия оптимальности. При условии обеспечения в целом СУД требуемого качества стабилизации корабля, как указывалось ранее, необходимо принять в качестве критерия оптимальности энергетических характеристик минимум мощности исполнительного привода. Минимизация мощности исполнительного привода означает минимизацию мощности системы. Она включает в себя следующие основные пути:

- минимизацию по структуре;
- минимизацию по нагрузке;
- минимизацию по механической характеристике.

Последний путь минимизации является наиболее общим, т.к. оптимизация механической характеристики предопределяет минимизацию по нагрузке, минимизацию по структуре и в конечном итоге приводит к минимизации мощности исполнительного привода.

Исполнительный привод системы управления характеризуется законом движения исполнительного органа  $y_i(t)$ , который представляет собой в соответствии с (5) стационарный случайный процесс, с известной спектральной плотностью  $S_{yk}^{xi}(\omega)$ . Необходимо выразить величины дисперсии мощности заданного процесса движения через параметры исполнительного привода и статистические характеристики закона движения ИО.

Для этого случая мгновенное значение процесса изменения механической мощности на валу исполнительного привода записывается в виде:

$$N_k(t) = \dot{y}_k(t) M_{нк}(t), \tag{6}$$

где:  $y_k(t)$  – закон изменения скорости движения исполнительного органа со спектральной плотностью  $S_{yk}(\omega)$ ;

$M_{HK}(t)$  – закон изменения момента нагрузки на валу исполнительного органа со спектральной плотностью  $S_{M_{HK}}(\omega)$ .

Поскольку закон изменения скорости движения исполнительного органа определяет и закон изменения момента нагрузки, то формирование процесса  $N_k(t)$  может быть представлено с одним стационарным случайным воздействием  $y_k(t)$ . В этой случае, передаточные функции представляют собой:

$$\begin{aligned} W_1(j\omega) &= p \\ W_2(j\omega) &= \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^r m_i p^r + \sum_{i=1}^n m_i \end{aligned} \quad (7)$$

где:  $m$  – коэффициент момента,  $p$  – оператор Лапласа.

В [7] показано, что процесс изменения величины механической мощности  $N_k(t)$  будет стационарным. При этом стационарность понимается в широком смысле. Только при этом условии дисперсия процесса  $N_k(t)$  постоянна во времени и, следовательно, может служить мерой нагрузки исполнительного привода в рассматриваемом режиме работы. Эргодичность процесса  $N_k(t)$  позволяет находить интересующие нас статистические характеристики его по данным одной достаточно продолжительной реализации. Учитывая стационарность процесса  $y_k(t)$  и возможность менять местами символы математического ожидания и дифференцирования, можно записать:

$$\begin{aligned} \dot{y}_k(t) &= \frac{dM_{y_k}(t)}{dt} \\ M_{M_{HK}}(t) &= \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i \frac{d^r M_{y_k}(t)}{dt^r} = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Кроме того, поскольку  $\dot{y}_k(t)$  и  $M_{HK}(t)$  являются линейными функциями производных процессов  $y_k(t)$ , то справедливы соотношения:

$$\begin{aligned} R_{\dot{y}_k}(\tau) &= \frac{dR_{y_k}(\tau)}{d\tau} \\ R_{M_{HK}}(\tau) &= \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i \frac{d^r R_{y_k}(\tau)}{d\tau^r} \end{aligned} \quad (9)$$

показывающие зависимость этих корреляционных функций от момента времени.

В этом случае справедливо равенство для корреляционной функции мощности:

$$\begin{aligned} R_{N_k}(\tau) &= R_{M_{HK}}(\tau)R_{\dot{y}_k}(\tau) + \\ &+ R_{M_{HK}\dot{y}_k}(\tau)R_{M_{HK}\dot{y}_k}(-\tau) \end{aligned} \quad (10)$$

Если функции  $M_{HK}(t)$  и  $\dot{y}_k(t)$  не коррелированы, то среднеквадратическую мощность можно определить по формуле

$$N_{ck} = \sqrt{D[M_{HK}(t)]D[\dot{y}_k(t)]} \quad (11)$$

где :  $D[M_{нк}(t)]$  – дисперсия момента нагрузки,

$D[\dot{y}_k(t)]$  – дисперсия скорости движения ИО.

Среднеквадратическая мощность характеризует мощность развиваемую приводом в основное время работы, но не исключает наличие выбросов мощности выше среднеквадратического значения, которому она не может служить основой для выбора привода системы автоматического управления. Для исполнительного привода системы автоматического управления расчетной мощностью является максимальная.

Для механической характеристики нетрудно получить

$$N_{\max} = \frac{M_n \dot{y}_0(t)}{4}, \quad (12)$$

где  $M_n$  – пусковой момент исполнительного привода, который можно выразить

$$M_n = \beta \dot{y}_0(t), \quad (13)$$

$\dot{y}_0(t)$  – скорость холостого хода исполнительного,

$\beta$  – жесткость механической характеристики,

$$\beta_k = \frac{M_{нк}}{\dot{y}_0(t)}. \quad (14)$$

В этом случае формула для максимальной мощности привода, механическая характеристика которой выражается прямой линией, имеет

$$N_{\max} = \frac{\beta y_0^2(t)}{4}. \quad (15)$$

Рассмотрим уравнение прямолинейной механической характеристики

$$\begin{aligned} p y_k &= p y_{0k} - \frac{1}{\beta_k} M_{нк} = \\ &= p y_{0k} - \frac{1}{\beta_k} \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i p^r y_k + \sum_{i=1}^n m_i y_k \end{aligned} \quad (16)$$

Из этого уравнения найдем скорость холостого хода

$$\begin{aligned} p y_{0k} &= p y_k + \\ &+ \frac{1}{\beta_k} \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i p^r y_k + \sum_{i=1}^n m_i y_k \end{aligned} \quad (17)$$

или при обозначении

$$\sum_{i=1}^n m_i + p + \frac{1}{\beta} \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i p^r = W^*(p) \quad (18)$$

где:  $py_{ok} = W^*(p)y_k(p)$ ,  $W^*(p)$  – передаточная функция уравнения нагрузки.

Выражения (16) и (18) позволяют определить изображение закона изменения скорости холостого хода, который обеспечивает движение исполнительного органа по закону с изображением  $y_k(p)$  независимо от закона распределения  $y_k(t)$ . Дисперсия установившейся скорости холостого хода  $D[\dot{y}_{ok}(t)]$  может быть определена в этом случае с помощью соотношения

$$S_{\dot{y}_{ok}}(\omega) = |W(j\omega)|^2 S_{y_k}(\omega). \quad (19)$$

Необходимо иметь ввиду, что как функция  $y_k(t)$ , так и ее производные в один и тот же момент времени не коррелированы. Тогда, как известно, дисперсия суммы определяется суммой дисперсий, т.е.

$$\begin{aligned} D[\dot{y}_{ok}(t)] &= \frac{1}{2\Pi} \int_{-\infty}^{\infty} |W^*(j\omega)|^2 S_{y_k}(\omega) d\omega = \\ &= \frac{1}{2\Pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left| j\omega + \frac{1}{\beta_k} \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i^r (j\omega)^r \right|^2 S_{y_k}(\omega) d\omega = \\ &= \frac{1}{2\Pi} \int_{-\infty}^{\infty} \omega^2 S_{y_k}(\omega) d\omega + \\ &+ \frac{1}{2\Pi} \frac{1}{\beta_k^2} \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i^r \omega^{2r} S_{y_k}(\omega) d\omega - \\ &- \frac{1}{\Pi\beta_k} \int_{-\infty}^{\infty} j\omega \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i^r (j\omega)^r S_{y_k}(\omega) d\omega \\ D_{[y_{ok}(t)]} &= D_{[\dot{y}_k(t)]} + \frac{1}{\beta_k^2} \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i D_{\left[ \frac{d^r y_k}{dt^r} \right]} - \\ &- 2 \frac{1}{\beta_k^2} \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i^r m_{i+1}^r D_{[\dot{y}_k(t)]} \end{aligned} \quad (20)$$

Подставим (20) в (15), получим:

$$N_{\max} = \frac{1}{4} \beta_k \left\{ \begin{aligned} &D_{[\dot{y}_k(t)]} + \\ &+ \frac{1}{\beta_k^2} \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i^r D_{\left[ \frac{d^r y_k}{dt^r} \right]} - \\ &- \frac{2}{\beta_k^2} \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i m_{i+1}^r D_{[\dot{y}_k(t)]} \end{aligned} \right\}. \quad (21)$$

Таким образом, синтез энергетических характеристик сводится к задаче определения оптимальных параметров исполнительного привода, структурная схема которого задана. Выбор оптимальных параметров исполнительного привода существенно проще оптимальной весовой функции произвольной структуры.

Эта задача легко сводится к задаче нахождения экстремума функции

$$N_{max} = f(\beta_k). \quad (22)$$

Решение ее позволяет получить значение жесткости механической характеристики, обеспечивающей минимум функций 21. Поскольку для положительных вещественных значений  $\beta_k$  она имеет единственный экстремум-минимум, то оптимальное значение жесткости механической характеристики находится из уравнения:

$\frac{\partial N_{max}}{\partial \beta_k} = 0$ , тогда оптимальная жесткость механической характеристики будет равна

$$\beta_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i^r D \left[ \frac{d^r y_k}{dt^r} \right] - 2 \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^2 m_i^r m_{i+1}^r D \left[ \frac{dy_k}{dt} \right]}{D \left[ \frac{dy_k}{dt} \right]}}. \quad (23)$$

**Заключение.** В формулу для определения жесткости механической характеристики входят дисперсии параметров движения исполнительных органов, а также первая и вторая производные от параметров движения. Полученная жесткость механической характеристики минимизирует энергетические характеристики при обеспечении качества стабилизации объекта и позволяет перейти к конкретным расчетам вероятностных энергетических характеристик.

При известной жесткости механической характеристики по формулам может быть определена дисперсия скорости холостого хода, максимальная мощность, пусковой момент исполнительного привода и могут быть построены основные потребные характеристики исполнительного привода.

УДК 656.07

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

*Ларин Олег Николаевич – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГНБУ Российский институт стратегических исследований*

*Тарасов Дмитрий Эдуардович – аспирант, ассистент кафедры ФГБОУ ВО Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II*

Аннотация. Рассмотрены актуальные проблемы и пути совершенствования функционирования инфраструктуры транспортно-логистического объекта на примере терминала по перевалке грузов с железнодорожного транспорта на морской.

Проведен анализ условий деятельности терминала, его материально-технической базы, производственных процессов, применяемых информационных технологий. Выявлены проблемы в организации работы терминала, по которым сделаны соответствующие выводы и представлены рекомендации по их решению с целью повышения эффективности процесса управления грузовыми потоками терминала, включая предложения по развитию инфраструктуры и моделированию его производственных процессов.

*Ключевые слова:* перевозка сжиженных углеводородных газов, морской терминал, железнодорожный транспорт, моделирование, терминал, перегрузка грузов.

## IMPROVEMENT OF INFRASTRUCTURE OF TRANSPORT AND LOGISTIC OBJECT

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

*Tarasov Dmitry E. – Postgraduate, Teaching Assistant, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT)*

*Abstract.* Considered actual problems and ways of improvement of functioning of infrastructure of transport and logistic object on the example of the terminal on transfer of loads from the rail transport on the water are considered.

*The analysis of conditions of activity of the terminal, its material base, production processes, and the applied information technologies is carried out. Problems in the organization of operation of the terminal on which the corresponding conclusions are drawn are revealed and provided the recommendation about their decision for the purpose of increase of efficiency of process of management of cargo flows of the terminal, including offers on development of infrastructure and modeling of its production processes.*

*Keywords:* transportation of the liquefied hydrocarbonic gases, maritime terminal, rail transport, modeling, the terminal, cargo transshipment.

Одним из важнейших элементов цепи поставок природного сырья и производимых из него продуктов является пункт перевалки с одного вида транспорта на другой. Примером такого объекта является транспортно-логистический терминал, где происходит взаимодействие различных видов транспорта в процессе погрузки, перегрузки и выгрузки грузов, а также их временное хранение. Эффективная работа такого терминала – одна из ключевых и актуальных задач, стоящая перед всеми службами терминала и участниками цепи поставки.

Однако существует множество особенностей, препятствующих более эффективному функционированию транспортно-логистического терминала в виду определенной, сложившейся в работе таких объектов, специфике. В данной статье на примере перевалочного терминала рассматриваются проблемы развития и приводятся рекомендации по его совершенствованию.

Терминал оказывает услуги по перевалке с железнодорожного транспорта на морские суда (приему в железнодорожных вагонах-цистернах, временному хранению и последующей отгрузке на суда-газовозы) сжиженных углеводородных газов (далее – СУГ) следующей номенклатуры: пропан, бутан, смесь пропан-бутан.

Работа терминала характеризуется несколькими особенностями, обусловленных, прежде всего, рыночными факторами, которые способны регулярно существенно «осложнять» его работу и, как следствие, приводить к проблемам в обслуживании прибывающих на терминал для разгрузки вагонов-цистern со сжиженным углеводородным газом (СУГ) и для загрузки судов.

Первой особенностью может быть сотрудничество терминала с несколькими трейдерами-поставщиками СУГ. Работа с несколькими трейдерами является причиной необходимости разделения емкостного и вагонного парка с СУГ по трейдерам для раздельного хранения прибывающих грузов. Другими словами, СУГ временно хранятся на терминале не в смешанном состоянии. Разделение всех объемов СУГ проводится как по принадлежности разным трейдерам, так и по видам СУГ (пропан, бутан), принадлежащих одному трейдеру.

Данная особенность фактически сокращает имеющиеся резервы терминала по хранению груза, так как какой-либо отдельный трейдер не может разместить на терминале объемы СУГ, прибывающие в его адрес, в объеме полной мощности емкостного парка терминала. Например, у другого трейдера в соответствующем периоде времени нет отгрузки СУГ на судно, но его груз будет храниться на терминале. Соответственно, когда у отдельных трейдеров уже есть объемы запасов СУГ на терминале, в то же время другие трейдеры дополнительно также поставляют на терминал собственные объемы СУГ, что приводит к перегрузке емкостного парка и путевой инфраструктуры. Поэтому терминалу необходимо иметь дополнительные избыточные резервы в виде выставочных и арендованных подъездных путей для принятия и временного хранения СУГ отдельных трейдеров.

Второй особенностью является разнородность по содержанию отгружаемой смеси СУГ как дополнительный дестабилизирующий фактор синхронизации входящего и исходящего грузопотоков как по объемам, так и по срокам завоза и вывоза СУГ. На судно может загружаться какой угодно покупателю состав СУГ, как СУГ одного вида, например, бутан или пропан, изобутан, так и смесь этих азотов в любых пропорциях. Например, анализ статистических данных состава смеси СУГ отгружаемых на судна показал существенную вариацию доли бутана в общем объеме отгружаемых СУГ – от 10% до 100%. Корреляционная связь между составом СУГ в партии прибывающих на терминал вагонов-цистерн за период, равный интервалу захода судов на погрузку в терминал, отсутствует [1].

Третьей особенностью является характерная для работы терминала тенденция увеличения средних объемов отгрузки на одно судно. Однако увеличение объемов отгрузки не сопровождается пропорциональным возрастанием отгружаемых на каждое отдельное судно объемов СУГ. Другими словами, не происходит синхронная замена определенного количества судов малой грузоподъемности аналогичным количеством судов большой грузоподъемности [2].

Таким образом, использование судов большей вместимости не является общей тенденцией на замену всего парка судов.

Подобная ситуация, связанная со значительным «разбросом» судов по грузоподъемности, как следствие, существенно усложняет погрузочную работу терминала. Увеличение объемов отгрузок сопровождается ростом объемов завоза грузов СУГ на терминал и, как следствие, сокращением интервала прибытия вагонов с СУГ на разгрузку на терминал. Поэтому терминал фактически должен отгружать большее количество СУГ при меньших резервах времени на маневровую работу и прочие приемо-сдаточные операции с вагонами на терминале. Данная динамика усложняет планирование погрузочных работ терминала.

Четвертая особенность – высокая степень неравномерности параметров входящего и исходящего грузопотоков СУГ. Под входящим грузопотоком понимаются завозимые на терминал вагонами-цистернами СУГ. Под исходящим грузопотоком понимаются отгружаемые на морские суда СУГ.

Свойство неравномерности грузопотоков, как правило, обусловлено различными факторами и может оказывать влияние на работу объекта по различным направлениям [3-5]. В этой связи далее будет выполнен детальный анализ причин и их влияния на условия работы терминала.

Неравномерность входящего  $Q_{inp}$  и исходящего  $Q_{отр}$  грузопотока СУГ относительно минимальных  $Q_{min}$  и максимальных  $Q_{max}$  объемов СУГ может быть рассчитана через отношение модуля разности среднего (медианы)  $Q_{med}$  соответствующего вида грузопотока СУГ и минимальных и максимальных значений к среднему по формулам:

$$\eta_{\min} = \frac{|Q_{med} - Q_{\min}|}{Q_{med}}, \quad (1)$$

$$\eta_{\max} = \frac{|Q_{med} - Q_{\max}|}{Q_{med}}. \quad (2)$$

При минимальной неравномерности грузопотока коэффициент  $\eta$  стремится к нулю. Величина коэффициента  $\eta = 1$ , говорит о том, что пиковое значение входящего или исходящего грузопотоков двукратно превышает среднее значение объема входящего или исходящего грузопотоков.

Несмотря на высокое значение коэффициентов неравномерности входящего и исходящего грузопотоков, негативные эффекты частично нивелируются отсутствием синхронных тенденций между пиковыми спадами и загрузками у разных трейдеров.

Кроме сезонной и структурной неравномерности входящего и исходящего грузопотоков следует обратить внимание на неравномерность интенсивности входящего и исходящего потока.

Интенсивность входящего  $Y_{inp}$  и исходящего  $Y_{otp}$  грузопотоков может быть определена через отношение объемов завозимых  $Q_{inp}$  и вывозимых  $Q_{otp}$  СУГ на терминал к интервалам  $I_{inp}$  и  $I_{otp}$  соответственно прибывающих и отправляемых партий:

$$Y_{inp} = \frac{Q_{inp}}{I_{inp}}, \quad (3)$$

$$Y_{otp} = \frac{Q_{otp}}{I_{otp}}, \quad (4)$$

Ситуация, когда интенсивность входящего на терминал грузопотока больше интенсивности исходящего грузопотока  $Y_{inp} > Y_{otp}$ , характеризуется избыточным накоплением грузов (вагонов-цистерн с СУГ) на терминале [7].

**Выводы.** В ходе анализа особенностей работы терминала исследовано влияние различных факторов и условий на возникновение проблемных ситуаций в его работе.

Обслуживание нескольких трейдеров и различных видов СУГ обуславливает необходимость разделения (в соответствии с таможенным законодательством) перегрузочных мощностей терминала между ними, что снижает возможности по оперативному перераспределению мощностей и остатков СУГ.

В условиях увеличения объемов перегрузки СУГ для вывоза используются суда различной вместимости, что увеличивает различия между параметрами входящего и исходящего потока и усложняет процесс синхронизации грузопереработки на терминале. Отмечается высокий уровень неравномерности грузопотоков в течение года, но при согласованности месячных объемов завоза и вывоза СУГ. Возникновение избыточных объемов СУГ, в том числе, вагонов-цистерн с СУГ, на терминале в краткосрочном периоде, обусловлено различиями интенсивностей входящего и исходящего потока.

Совокупность исследованных выше факторов и условий завоза и отгрузки СУГ на терминале позволяет говорить о наличии высокой вероятности возникновения нерегулярных, но периодических, краткосрочных по продолжительности ситуаций на терминале. Данные проблемы обусловлены не только неуправляемыми (рыночными) факторами случайной, но и отсутствием четкой современной системы планирования рабо-

ты терминал: распределения его перегрузочных мощностей (включая емкостной парк и все виды железнодорожных путей) и маневровой работы.

Несоответствие в полной мере технического состояния транспортной инфраструктуры терминала (количество выставочных путей для обеспечения приема, обработки и временного хранения вагонов с СУГ, глубина подводного канала порта) фактическим параметрам обслуживаемых входящих и исходящих грузопотоков способно не только затруднить эффективное управление поставками СУГ по железной дороге, хранение СУГ на терминале и организацию отправок СУГ морскими судами, но и привести к значительным экономическим издержкам [4].

Используемые в договорах с клиентами базисные СРТ-условия поставок СУГ с оплатой перевозки до терминала не предусматривают возможности по оптимизации затрат на логистические операции, в частности на транспортировку СУГ от поставщиков-заводов отправителей до терминала.

Анализ данных о поставках СУГ по железной дороге показывает, что заводы-отправители СУГ не заинтересованы в синхронизации поставок партий СУГ на терминал с учетом технологических особенностей работы терминала, морских перевозчиков, а также реализации партий СУГ трейдерами. Изменение условий поставок, например, на отгрузку EXW («франко-завод»), позволит терминалу оптимизировать расходы на логистику, будут созданы условия по использованию прогрессивных технологий доставки грузов, в том числе, маршрутизации груженых и порожних отправок, аренды вагонов, системы скидок с тарифов и пр. Работа по оптимизированной схеме потребует формирование новой системы межорганизационного взаимодействия терминала с поставщиками, трейдерами, собственниками вагонного парка, РЖД и т.п.

Одним из направлений совершенствования работы терминала может быть создание системы моделирования параметрами развития транспортной и производственной инфраструктуры терминала [6].

Основные направления моделирования:

- моделирование сценариев развития инфраструктуры (путей общего пользования) прилегающей железнодорожной станции и путей необщего пользования терминала СУГ для определения проектных параметров строительства дополнительных выставочных путей и развития путей общего пользования железнодорожной станции;

- моделирование сценариев развития производственной инфраструктуры терминала СУГ для определения проектных параметров строительства.

Проведение работ по моделированию обеспечит:

- определение возможных вариантов развития инфраструктуры станции и терминала СУГ и оптимизацию технологических операций;

- минимизацию затрат на развитие терминала СУГ.

По результатам моделирования сценариев развития повышение пропускной способности терминала может составить 15-20% при капитальных сопоставимых затратах на развитие терминала. Стоимость работ определяется с учетом конкретных условий моделирования параметров развития транспортной и производственной инфраструктуры терминала.

#### *Список литературы*

1. Ботнарюк М.В. Анализ основных направлений развития портовой инфраструктуры в контексте конкурентоспособности морского порта // Вестник транспорта Поволжья. 2012. № 5 (35). С. 20-25.

2. Валькова С.С., Степанец А.В., Верютина В.Е. Формирование комплекса задач по управлению обработкой Ж.-Д. вагонов в морском порту // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 1. С. 146-150.

3. Варжина К.М., Корнилов С.Н. Выбор направлений повышения пропускной способности железнодорожных станций в условиях усложнения структуры вагонопотоков // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2014. Т. 4. № 1 (5). С. 12-16.

4. Клименко В. Развитие логистической инфраструктуры морского порта // ЛОГИСТИКА. 2010. № 4 (53). С. 34-36.

5. Ларин О.Н. Некоторые особенности оценки провозных возможностей автотранспортных систем регионов при обслуживании международных грузопотоков / О.Н. Ларин // Транспорт: наука, техника, управление. 2008. № 9. С. 24-27.

6. Прохоренков А.М., Истратов Р.А. Координирующая система управления транспортным узлом // Научные труды SWORLD. 2012. Т. 1. № 2. С. 21-27.

7. Прохоренков А.М., Истратов Р.А. Разработка математической модели морского транспортного узла // Научные труды SWORLD. 2012. Т. 1. № 2. С. 13-20.

Шрамко А.П. Оптимизация взаимодействия железнодорожного и морского транспорта при организации устойчивого грузопотока // Вестник Государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова. 2013. № 2. С. 78-84.

УДК 656.051, 625.7

## **ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ**

*Исаков Виталий Германович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения и водоподготовки*

*Дягелев Михаил Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоподготовки*

*ФГБОУ ВО Ижевский государственный технический университет  
имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск*

Аннотация. *Описаны современные проблемы развития дорожно-транспортного комплекса, представлены два метода их решения – архитектурно-планировочные и организационно-управленческие мероприятия.*

Ключевые слова: *улично-дорожная сеть, дорожно-транспортный комплекс.*

## **THE ISSUES OF DEVELOPMENT OF ROAD TRANSPORT COMPLEX OF RUSSIA**

*Isakov Vitalii G. – Doctor of Technical Sciences, Professor*

*Diagelev Mikhail Iu. – Candidate of Technical Sciences*

*Kalashnikov Izhevsk State Technical University*

Abstract. *Described the modern problems of development of road transport systems, two methods are presented for their solution architectural – planning and organizational activities.*

Keywords: *street road network, road transport sector.*

За более чем двадцатилетний период в российских городах стремительно вырос парк индивидуального автомобильного транспорта. Это привело к увеличению плотности потока и интенсивности движения на улично-дорожной сети (УДС) городов, повы-

шению уровня шума и загазованности, появлению транспортных заторов на транспортных узлах (регулируемые и нерегулируемые перекрестки), росту аварийности [1-3].

Возникновение подобных проблем вызывает необходимость разработки эффективных мероприятий по стратегическому транспортному планированию дорожно-транспортного комплекса, так, например, по данным ГИБДД до 75% дорожно-транспортных происшествий (ДТП) происходят в городах, и большая часть из них происходит на пересечении магистральных улиц [4,5]. Таким образом, вопросы безопасности дорожного движения и ее организации составляют важную градостроительную проблему, от решения которой, зависит нормальное функционирование улично-дорожной сети города.

При планировании движения городского пассажирского транспорта, которое характеризуется многообразием взаимосвязей с другими отраслями экономики (рис. 1), необходимо выполнять условия для обеспечения безопасного дорожного движения, что, в свою очередь, подразумевает проведение комплексных мероприятий организационного и архитектурно-планировочного характера [2,6].



Рисунок 1 – Взаимосвязи в области городского пассажирского транспорта, которые необходимо учитывать при планировании развития улично-дорожной сети [7]

К архитектурно-планировочным мероприятиям следует отнести строительство новых, а также реконструкции уже существующих магистралей, улиц, проездов, пешеходных тоннелей, строительство транспортных пересечений на разных уровнях, объездных дорог вокруг городов для отвода транзитных транспортных потоков и т.д.

Однако архитектурно-планировочные мероприятия являются затратными, а в некоторых случаях и вообще невозможны (например, организация движения транспорта в исторических частях городов, относящиеся к памятникам архитектуры и/или не подлежащих реконструкции). Кроме того, развитие улично-дорожной сети нередко связано с ликвидацией зелёных насаждений, что не всегда является целесообразным [2].

Большое влияние на безопасность дорожного движения оказывают организационно-управленческие мероприятия, к которым относятся [9-13]:

- организация одностороннего движения;
- организация кругового движения на перекрёстках;
- организация пешеходных и велосипедных переходов, пешеходных зон и зон для велосипедистов;
- определение и организация автомобильных стоянок;
- определение и строительство остановок общественного транспорта и т.д.

В отличие от архитектурно-планировочных мероприятий, организационные мероприятия способны привести хотя и к временному, но сравнительно быстрому эффекту и не требуют значительных капиталовложений. Чаще всего организационные мероприятия являются единственным средством для решения транспортной проблемы [8-10].

При реализации мероприятий по организации дорожного движения (ОДД) особая роль принадлежит внедрению технических средств:

- средства светофорного регулирования;
- дорожная разметка и знаки;
- дорожные ограждения;
- направляющие устройства.

При этом светофорное регулирование является одним из основных средств обеспечения безопасности движения на перекрестках [1,2,9].

В различных странах ученые и практики используют самые разные методы организации движения, поскольку общего, универсального решения этой проблемы не существует [8,14-16]. Чаще всего градостроители в крупных городах направляют свои усилия на создание систем магистральных улиц или скоростных дорог, выведенных в пригородную зону; обходных автомагистралей для транзитного автомобильного движения, пробивку новых улиц-дублеров наиболее напряженных направлений движения транспортных средств. Однако не следует забывать, что для разработки мероприятий по транспортному планированию могут быть и научные исследования по выявлению закономерностей характера движения. При этом решающую роль имеют прогнозные модели развития транспортной сети, которая напрямую зависит от транспортного спроса и предложения.

Из всего разнообразия типов транспортных моделей планирования чаще всего используются прогнозные модели, оперирующие макроскопическими параметрами, описывающими транспортный поток. Такими параметрами являются: интенсивность и скорость транспортного потока, интенсивность пассажиропотоков (рис. 2).



Рисунок 2 – Основные составляющие прогнозной транспортной модели

При моделировании городских транспортных систем в качестве основы принимается задача реализации пассажирских транспортных корреспонденций, которые составляют в общей доле транспортного движения крупных городов до 85–95% [8].

Таким образом, следует логичный вывод, что при применении любой группы мероприятий архитектурно-планировочных или организационно-управленческих, в первую очередь необходимо составить прогнозную модель не только дорожно-транспортного комплекса, но исследуемого участка и города в целом, что в дальнейшем позволит добиться повышения эффективности управления развитием дорожно-транспортного комплекса. А при более детальной проработке прогнозной модели становится возможным управлением дорожным движением, например, в кризисных ситуациях (резкое ухудшение погодных условий, во время пиковых нагрузок на транспортную сеть).

#### *Список литературы*

1. Дягелев М.Ю. Совершенствование системы управления содержанием улично-дорожной сети урбанизированных территорий в зимний период: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.13.01 / Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова. Ижевск. 2013. 16 с.
2. Поготовкина Н.С. Организация дорожного движения: учебно-практическое пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭС. 2015. 64 с.
3. Пугачёв И.Н., Маркелов Г.Я., Бурков С.М. Интеллектуальная система управления дорожно-транспортным комплексом города // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2013. № 1. С. 8-15.
4. Чумляков К.С. Совершенствование системы управления региональным дорожно-транспортным комплексом // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2011. С. 186-189.
5. Исаков В.Г., Дягелев М.Ю. Применение метода анализа иерархий в оценке пропускной способности проезжей части городских дорог в зимнее время // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2011. № 2. С. 170-172.
6. Абрамова А.А., Дягелев М.Ю., Исаков В.Г. Применение метода графов в оценке безопасности городской улично-дорожной сети // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2013. № 2 (58). С. 113-116.
7. Боброва Т.В. Модели управления реализацией инновационных проектов в дорожно-транспортном комплексе // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2010. № 18. С. 60-64.
8. Быстров М.С. Инвестиционная привлекательность дорожно-транспортного комплекса страны: проблемы и перспективы // Транспортное дело России. 2009. № 7. С. 161-163.
9. Абрамова А.А., Дягелев М.Ю., Исаков В.Г. Сравнительный анализ причин дорожно-транспортных происшествий по сопутствующим дорожным условиям на примере г. Ижевска // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. 2012. № 4 (56). С. 119-122.
10. Ширин В.В. Повышение пропускной способности улично-дорожной сети города // Вестник ХНАДУ. 2010. № 50. С. 40-47.
11. Якимов М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография. – М.: Логос. 2013. 188 с.
12. Жуков В.А. Стратегическое регулирование региональной составляющей национальной транспортной системы // Terra Economicus. 2009. Т. 7. № 3-3. С. 201-204.

13. Владимирова Е.В., Дягелев М.Ю., Исаков В.Г. Математическая модель определения выгодных маршрутов зимнего содержания улично-дорожной сети // Сборник научных трудов Sworld. 2013. Т.1. № 3. С. 37-41.

14. Харитошкин Н.В. Интеллектуальные системы поддержки принятия управленческих решений в дорожно-транспортном комплексе // Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования – основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России: материалы конференции. 2012. С. 562-564.

15. Дягелев М.Ю. Влияние эксплуатации улично-дорожной сети в зимний период на окружающую среду // Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. 24–25 березн. 2016 р.– Тернопіль: Крок. 2016. Ч. 1. С. 72-74.

16. Колупаева П.Г., Гаваев А.С., Бурганов Р.Р. Развитие и функционирование дорожно-транспортного комплекса г. Тюмени // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (с международным участием). 2014. С. 270-273.

УДК 618.501

## МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ УЯЗВИМОСТИ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА

*Носков Сергей Иванович – доктор технических наук, профессор, руководитель научно-образовательной лаборатории моделирования сложных систем, профессор кафедры информационных систем и защиты информации ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет путей сообщения.*

*Протопопов Валерий Александрович – заместитель начальника Восточно-Сибирской железной дороги - филиала ОАО «РЖД»*

Аннотация. Рассматривается формализованный способ оценки уязвимости объектов транспорта по отношению к актам незаконного вмешательства. Он предполагает построение агрегированного критерия уровня уязвимости в виде линейной свертки локальных критериев с применением методов теории принятия решений. При этом задача определения коэффициентов свертки сводится к поиску решения или квазирешения задачи линейного программирования. Предложен алгоритм оценки уровня компетентности привлекаемых экспертов.

Ключевые слова: транспортная безопасность, уязвимость, линейное программирование, квазирешение, теория принятия решений, экспертная информация.

## MULTICRITERIA ESTIMATION OF THE VULNERABILITY OF TRANSPORTATION FACILITIES

*Noskov Sergey I. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Irkutsk State Transport University*

*Protopopov Valery A. – Deputy head of East Siberian Railways – branch of JSC "Russian Railways"*

Abstract. Discusses a formalized method to assess the vulnerability of transportation facilities against acts of unlawful interference. It involves the construction of an aggregated criterion of the level of vulnerability in the form of a linear convolution of the local criteria

with application of methods of theory of decision-making. The task of determining the coefficients of the convolution is reduced to finding solutions or kathiresan linear programming problem. The algorithm of estimation of the level of competence of experts involved.

*Keywords:* transport safety, vulnerability, linear programming, kathiresan, decision theory, expert information.

Рассмотрим показатели, характеризующие уязвимость объектов транспорта по отношению к потенциальным актам незаконного вмешательства, в частности, террористическим. К ним могут относиться: наличие (или отсутствие) охраны, количество постов, количество охранников, стоимость охранных услуг, стоимость объекта, его технические характеристики, пассажиро- и грузопоток с учетом номенклатуры грузов, характеристика технических средств физической защиты (количество и стоимость средств по видам, показатели их работоспособности, стоимость текущего обслуживания, расстояние до пунктов выведения сигналов, время на восстановление работоспособности в случае повреждения и т.д.). Задача состоит в свертывании этих частных показателей в один агрегат, то есть в их скаляризации. Это позволит производить однозначное сравнение любых объектов транспорта по уровню уязвимости.

Перейдем к формальной постановке задачи. Итак, пусть в распоряжении исследования есть численная информация о  $g$  критериях уязвимости  $r$  объектов, т.е. матрица  $X = \|x_{ij}\|, i = \overline{1, r}, j = \overline{1, g}$ .

Пусть к оценке уязвимости каждого объекта привлечены  $p$  экспертов. На основе использования их сравнительных высказываний и матрицы  $X$  необходимо построить линейную свертку частных критериев (агрегированный критерий) вида:

$$R = \sum_{j=1}^g \alpha_j x_j, \quad (1)$$

где  $j$ -номер частного критерия.

Далее организуется процедура независимого опроса экспертов относительно сравнительной уязвимости пар объектов, как это предложено в [1]. При этом каждый эксперт производит свою оценку только по отношению к парам объектов, уязвимость которых он может с уверенностью сравнить.

Каждый  $i$ -ый эксперт строит индексное множество

$$M^i = \{(a_1^i, b_1^i), (a_2^i, b_2^i), \dots, (a_{l_i}^i, b_{l_i}^i)\}$$

пар объектов, в которых первый объект более (не менее) уязвим, чем второй, и множество

$$N^i = \{(c_1^i, d_1^i), (c_2^i, d_2^i), \dots, (c_{s_i}^i, d_{s_i}^i)\}$$

пар объектов, уязвимость которых, по мнению эксперта, «примерно» одинакова,  $i = \overline{1, p}$ . Здесь  $l_i$  и  $s_i$  - размерность множеств  $M^i$  и  $N^i$  соответственно. При этом не исключаются ситуации, когда какое-то из множеств  $N^i$  или  $M^i$  оказывается пустым, поскольку эксперт может затрудниться в указании требуемых пар.

В случае непротиворечивости экспертных высказываний должны быть совместны системы линейных равенств и неравенств

$$R(c_j^i) = R(d_j^i), \quad i = \overline{1, p}, \quad j = \overline{1, s_i} \quad (2)$$

$$R(a_j^i) \geq R(b_j^i), \quad i = \overline{1, p}, \quad j = \overline{1, l_i} \quad (3)$$

где через  $R(k)$  обозначена уязвимость  $k$ -го объекта,  $k = \overline{1, r}$ .

Сделаем одну необходимую оговорку. А именно, чем больше значение  $R(k)$ , тем выше уязвимость  $k$ -го объекта. Значит, для достижения однородности обобщенного и частных критериев необходимо полагать, что каждый фактор  $x_j$  позитивно (в формальном смысле) влияет на уязвимость, то есть усиливает (увеличивает) ее. А в приведенном выше перечне частных характеристик уязвимости объектов транспорта есть такие (например, количество охранников), которые уязвимость снижают. Такие характеристики  $x_i$  необходимо преобразовывать, например, посредством использования переменных  $1/x_i$ . Поэтому в (1) естественен переход от переменных  $x_i$  к переменным  $\tilde{x}_i$ , задаваемым по правилу:

$$\tilde{x}_i = \begin{cases} x_i, & \text{если } i\text{-ый фактор увеличивает уязвимость объекта} \\ 1/x_i, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (4)$$

Таким образом, свертка (1) заменится на

$$\tilde{R} = \sum_{j=1}^g \tilde{\alpha}_j \tilde{x}_j, \quad (5)$$

где, в соответствии с (4),  $\tilde{\alpha}_j > 0$ ,  $j = \overline{1, g}$ . Для агрегированного показателя уязвимости  $\tilde{R}$  очевидным образом остаются справедливыми системы равенств (2) и неравенств (3).

Введем в рассмотрение переменные  $y_{ej}^{1i}$  и  $y_{ej}^{2i}$  следующим образом:

$$y_{ej}^{1i} = x_{a_e^i j} - x_{b_e^i j}, \quad (a_e^i, b_e^i) \in M^i, \quad i = \overline{1, p}, \quad j = \overline{1, g}$$

$$y_{ej}^{2i} = x_{c_e^i j} - x_{d_e^i j}, \quad (c_e^i, d_e^i) \in N^i, \quad i = \overline{1, p}, \quad j = \overline{1, g}$$

Тогда неравенства (3) и равенства (2) примут соответственно вид:

$$\sum_{j=1}^g \tilde{\alpha}_j y_{ej}^{1i} \geq 0, \quad e = \overline{1, l_i}, \quad i = \overline{1, p}, \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^g \tilde{\alpha}_j y_{ej}^{2i} = 0, \quad e = \overline{1, s_i}, \quad i = \overline{1, p}. \quad (7)$$

В соответствии с приемом, принятом в теории принятия решений, потребуем, чтобы так называемая разрешающая способность системы неравенств (6) была как можно выше. Формально это требование представимо в форме:

$$\sum_{i=1}^p \beta_i \sum_{e=1}^{l_i} \sigma_e^i \sum_{j=1}^g \tilde{\alpha}_j y_{ej}^{1i} \rightarrow \max \quad (8)$$

Здесь  $\beta_i$  - уровень компетентности  $i$ -го эксперта, при этом  $\beta_i > 0$ ,  $i = \overline{1, p}$ ,  
 $\sum_{i=1}^p \beta_i = 1$ ,  $\sigma_e^i > 0$  - степень уверенности  $i$ -го эксперта в верности своего высказывания по отношению к  $e$ -ой паре в множестве  $M^i$ .

При отсутствии информации об оценках уровня компетентности экспертов будем полагать  $\beta_i = 1$  для всех  $i = \overline{1, p}$ .

Учтем еще несколько важных соображений. Для обеспечения возможности сравнения степени уязвимости разных по характеру и масштабу объектов агрегированному показателю уязвимости  $\tilde{R}$  необходимо придать относительный характер. Это можно делать, например, следующим образом.

Рассчитаем максимальные значения преобразованных значений частных критериев уязвимости:

$$\tilde{x}_j^+ = \max_{j=1, g} \tilde{x}_j.$$

Потребуем, чтобы уязвимость некоего объекта с максимальными значениями ее частных характеристик составляла бы 100%:

$$\sum_{j=1}^p \tilde{\alpha}_j x_j^+ = 100. \quad (9)$$

Требование строгой положительности параметров  $\tilde{\alpha}_j$ , а также и то обстоятельство, что каждый частный показатель уязвимости обязательно должен обладать какой-то, по крайней мере, минимальной значимостью, можно формализовать следующим образом:

$$\tilde{\alpha}_j \tilde{x}_j^+ \geq \gamma_j, \quad j = \overline{1, g}, \quad \gamma_j - \text{малое положительное число.} \quad (10)$$

Таким образом, задача построения агрегированного критерия уязвимости  $\tilde{R}$  сводится к задаче линейного программирования (ЛП) с ограничениями (6), (7), (9), (10) и целевой функцией (8). В том случае, если изначально уровень компетентности экспертов неизвестен, то после решения указанной задачи ЛП этот уровень можно вычислить, рассчитав среднюю разрешающую способность высказываний каждого эксперта:

$$\beta_i = \frac{\sum_{e=1}^{l_i} \sum_{j=1}^g \tilde{\alpha}_j y_{ej}^{li}}{\sum_{h=1}^p \sum_{e=1}^{l_h} \sum_{j=1}^g \tilde{\alpha}_j y_{ej}^{lh}}, \quad (11)$$

то есть чем выше суммарная разрешающая способность ограничений (6), тем выше уровень компетентности соответствующего эксперта.

Разумеется, такой способ оценивания уровня компетентности экспертов является в определенной мере условным, поскольку жестко привязан к виду функции, задающей свертку критериев. Если, в частности, вместо линейной функции (1) использовать функцию более гибкую, например, полином, результаты могут оказаться несколько иными.

Предположим теперь, что задача ЛП (6), (7), (9), (10), (8) несовместна, то есть экспертные высказывания взаимно противоречивы. В этом случае в соответствии с тео-

рией решения некорректных задач А.Н.Тихонова нужно искать квазирешение указанной задачи, используя при этом следующий прием.

Введем в рассмотрения новые неотрицательные переменные  $u_e^i, v_e^i, t_e^i$  и преобразуем ограничения (6) и (7) к виду:

$$\sum_{j=1}^g \tilde{\alpha}_j y_{ej}^{l_i} + t_e^i \geq 0, e = \overline{1, l_i}, i = \overline{1, p}, \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^g \tilde{\alpha}_j y_{ej}^{2i} + u_e^i - v_e^i = 0, e = \overline{1, s_i}, i = \overline{1, p}. \quad (13)$$

Введенные переменные представляют собой искажения, привнесенные в ограничения (6) и (7) и гарантирующие их совместность. Эти искажения необходимо минимизировать, заменив целевую функцию (8):

$$\sum_{i=1}^p \sum_{e=1}^{l_i} (t_e^i + u_e^i + v_e^i) \rightarrow \min \quad (14)$$

Сформированная таким образом задача ЛП (12), (13), (9), (10), (14) также будет позволять рассчитывать коэффициенты линейной свертки (5).

Далее, при оценивании уровня компетентности каждого эксперта в этом случае следует исходить из соображения - чем меньше суммарное искажение ограничений, следующих из его экспертных высказываний, тем этот уровень выше, то есть

$$\beta_i = 1 - \frac{\sum_{e=1}^{l_i} (t_e^i + u_e^i + v_e^i)}{\sum_{i=1}^p \sum_{e=1}^{l_i} (t_e^i + u_e^i + v_e^i)}.$$

Для оценки уровня компетентности экспертов, высказывания которых непротиворечивы, следует воспользоваться описанным выше приемом с помощью формулы (11).

#### *Список литературы*

1. Носков С.И., Протопопов В.А. Оценка уровня уязвимости объектов транспортной инфраструктуры: формализованный подход // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2011. № 4. С. 241-244.

## **ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА**

*Аксёнкин Виталий Иванович* – кандидат военных наук, начальник научно-исследовательского отдела

*Золотарёв Михаил Леонидович* – кандидат военных наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела

*Краснов Василий Сергеевич* – кандидат военных наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела

*Военная академия материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А.В. Хрулева, г. Санкт-Петербург*

*Аннотация.* Рассматривается анализ текущего состояния железнодорожного транспорта и перспективы его развития в России в интересах экономики и повышения обороноспособности страны.

*Ключевые слова: эффективность деятельности, тарифы, грузоперевозки, модернизация.*

## THE BASIC TENDENCIES AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF RAILWAY TRANSPORT IN THE PERIOD UP TO 2030

*Aksenkin Vitaly I. – Candidate of Military Sciences, Head of Research Department  
Zolotarev Michael L. – Candidate of Military Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher of Researching Department  
Krasnov Vasily S. – Candidate of Military Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher of Researching Department  
Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev,  
Saint-Petersburg*

*Abstract. We consider the analysis of the current state of railway transport and its development prospects in Russia for the benefit of the economy and increasing the country's defense.*

*Keywords: efficiency, tariffs, cargo, modernization.*

Анализ современного состояния железнодорожного транспорта РФ показывает, что он не в меньшей степени, чем десять лет назад, нуждается в инвестициях, в обновлении материально-технической базы. Так, средний возраст локомотивного парка (все-го 11 тыс. магистральных и 6 тыс. маневровых локомотивов) с момента создания ОАО «РЖД» в 2003г. до 2016г. увеличился с 22,3 до 25,8 лет. При этом за данный период среднесуточная производительность локомотива в грузовом движении увеличена более чем на 11%. Из 992 тыс. вагонов, принадлежащих различным владельцам в Российской Федерации, более 120 тыс. имеют истекший срок службы. К 2020 году количество таких вагонов может увеличиваться на 40 тыс. в год.

Однако чтобы инфраструктура и подвижной состав к 2020 году были адекватны прогнозируемому объему перевозок, необходимо к имеющимся средствам добавить по 88 млрд. рублей в год или как минимум 400 млрд. на пять лет. В настоящее время определились те направления в развитии железнодорожного комплекса, которые вряд ли удастся обеспечить необходимыми ресурсами.

Основными из них являются:

- модернизация действующих и строительство новых линий;
- повышение эффективности и безопасности перевозок;
- реализация транзитного потенциала России;
- строительство железных дорог в регионах, где их еще нет;
- формирование сети высокоскоростных перевозок;
- развитие транспортной инфраструктуры на потенциально опасных стратегических направлениях.

Особенно негативное влияние на резкий спад основных показателей железнодорожного транспорта оказало разрушение единого транспортного комплекса. К моменту завершения реформы железнодорожного транспорта говорить об успехах в деле координации и выработки государственной транспортной политики вряд ли возможно. Вопросы управления железнодорожным транспортом занимаются Министерство транспорта России, Федеральное агентство железных дорог, ОАО «РЖД», управления 17 железных дорог, руководящие структуры 70 ДЗО, ПГК, крупных операторских компаний и т.д. У железнодорожного транспорта оказалось много хозяев, но мало финансовых ресурсов. Даже небольшие ассигнования из государственного бюджета не всегда используются по назначению. По заключению Счетной палаты Российской Федерации

30% выделенных бюджетных средств фактически не доходят до транспортных организаций.

Проведённый в КНИР «Транспорт-14» анализ показал: для того чтобы наши транспортные системы как можно быстрее приблизились к мировому уровню развития, необходимо осуществить комплексную модернизацию всей отрасли. В основу модернизации должен быть положен принцип системного построения транспортного комплекса на основе современных научных знаний и требований повышения обороноспособности страны.

Сбалансированная, последовательная и всесторонняя модернизация железных дорог может быть осуществлена при сосредоточенности на приоритетных направлениях: инфраструктура, машиностроение, транспортный сервис, система управления, повышение военно-транспортного потенциала страны.

В соответствии с ролью, отводимой железнодорожному транспорту в модернизации российской экономики и Вооружённых Сил РФ, ему необходим скорейший переход на инновационные рельсы. Прежде всего, это касается столпа отечественной железнодорожной отрасли – ОАО «РЖД». Собственно, компания уже трансформируется в современный транспортный холдинг, направленный на «эффективное удовлетворение потребностей промышленно-экономического комплекса страны и её Вооружённых Сил.

Достижение указанных по сути отраслевых целей требует адекватных усилий не только в части организации и управления, но и в части технологических решений. Как стратегический приоритет реализации транспортной политики модернизация может стать мощным импульсом для внедрения современных технологий на железнодорожном транспорте. Для железнодорожного транспорта квинтэссенцией модернизации станет переход на инновационный путь развития и успешная реализация ключевых задач в области экономики и обороны страны.

Среди технологий, необходимых для инновационного развития железнодорожного транспорта, особое место отводится Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года и основные направления совершенствования и развития системы транспортного обеспечения ВС РФ на период до 2030 года.

Эффективное функционирование железнодорожного транспорта Российской Федерации – основы транспортной (военно-транспортной) инфраструктуры страны и системы транспортного обеспечения ВС РФ – играет исключительную роль в создании условий для модернизации, перехода на инновационный путь развития и устойчивого роста национальной экономики и обороноспособности страны, способствует созданию условий для обеспечения лидерства России в изменяющейся мировой экономической и военно-политической системе.

От состояния и качества работы железнодорожного транспорта зависят не только перспективы дальнейшего социально-экономического развития, но также возможности государства эффективно выполнять такие важнейшие функции, как защита национального суверенитета и безопасности страны, укрепление единства пространства, обеспечение потребности в перевозках в мирное время, при непосредственной угрозе агрессии и в военное время.

Целью Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года является формирование условий для укрепления экономического суверенитета, национальной безопасности и обороноспособности страны.

Выполнение основных мероприятий Стратегии позволит в перспективе до 2030 года получить следующие результаты в области развития железнодорожного транспорта:

– железнодорожный транспорт в результате своего опережающего развития и эффективной работы обеспечит условия для ускорения социально-экономического роста в стране, укрепления её обороноспособности и окажет мультипликативный эффект на рост транспортного (военно-транспортного) потенциала страны;

– железнодорожный транспорт останется базовым элементом единой транспортной системы страны, гармонично обеспечивающим совместно с другими видами транспорта повышение экономической развития страны, выполнение заданных объёмов всех видов перевозок (включая и воинские перевозки) в установленные сроки в мирное и военное время;

– производственно-технологическая, оперативная экономическая эффективность железнодорожного транспорта обеспечит снижение народно-хозяйственных и военно-транспортных издержек, привлечение освобождающихся средств в другие сферы растущей российской экономики и транспортного обеспечения ВС РФ;

– российская железнодорожная сеть станет центральным элементом евразийской транспортной системы, обеспечивающим развивающиеся торговые связи между мировыми геополитическими и геоэкономическими центрами, а также транспортные связи Российской Федерации с государствами–членами ОДКБ;

– эффективная и устойчивая работа железнодорожного транспорта повысит общую конкурентоспособность российской экономики и выполнения мероприятий, изложенных в «Плане обороны Российской Федерации» на конкретный период;

– железнодорожный транспорт станет одним из лидеров в области внедрения инновационной техники и технологий, обеспечит дальнейшее развитие транспортного (военно-транспортного) потенциала страны;

– железные дороги станут основой создаваемой транспортной системы Арктического региона для материально-технического обеспечения группировки войск (сил) ОСК «Северный флот».

Основными мероприятиями в области подготовки специалистов железнодорожного транспорта и транспортного обеспечения ВС РФ (по организации и выполнению воинских ж.д. перевозок) являются:

– обеспечение железнодорожного транспорта на всех уровнях профессионально подготовленными работниками массовых профессий и личного состава органов военных сообщений на железнодорожном транспорте;

– подготовка специалистов широкого профиля и развитие у персонала ж.д. транспорта и личного состава органов военных сообщений на железнодорожном транспорте высокого уровня компетенции для работы в условиях единой транспортной системы, активного взаимодействия видов транспорта, логистических комплексов и единых технологических цепочек, как в мирное, так и в военное время.

Для выполнения указанных мероприятий необходимо:

– разработать методику прогнозирования потребностей железнодорожного транспорта и органов ВОСО на железнодорожном транспорте в кадрах с учетом уровня требуемого образования, категории, специализации, обеспечивающую планирование и осуществление подготовки специалистов, адаптированных к выполнению перспективных задач железнодорожного транспорта, организации и выполнения воинских железнодорожных перевозок в частности в сфере развития транспортной (военно-транспортной) инфраструктуры, бесперебойного движения и по иным направлениям, обеспечивающим инновационный прорыв;

– обеспечить проработку и реализацию механизмов долгосрочного сотрудничества между Министерством транспорта Российской Федерации, Федеральной службой по надзору в сфере транспорта, Федеральным агентством железнодорожного транспорта, компаниями железнодорожного транспорта, Департаментом (Управлениями) транспортного обеспечения МО РФ (ВО, флота) и ВУЗами (в т.ч. и ВВУЗами) в сфере подго-

товки и повышения квалификации специалистов железнодорожного транспорта и органов ВОСО на железнодорожном транспорте на базе университетских комплексов, путем укрепления их социальной, материально-технической и научно-лабораторной базы, создания научно-производственных, инновационных и внедренческих центров, технопарков, передачи им новейших образцов техники, технологии, программного обеспечения);

- обеспечить подготовку специалистов по мобилизационной подготовке на железнодорожном транспорте;

- расширить практику предоставления рабочих мест для прохождения производственной и преддипломной практики студентам образовательных учреждений, курсантам и слушателям военных ВУЗов и закрепить ее правовые основы для большей адаптации выпускников к реальным условиям труда и оборонных требований;

- укрепить связи между гражданскими транспортными вузами и Министерством обороны РФ за счёт прохождения военной службы выпускниками гражданских транспортных вузов в научных ротах МО РФ по полученной специальности;

- внедрить интегрирующие образовательные технологии (единые информационные сети повышения квалификации в сфере вопросов, относящихся к государственному регулированию) с участием крупнейших компаний и образовательных учреждений и с учетом их финансовых интересов (вопросы комплексной транспортной, экологической, производственной и военной безопасности);

- определить и развивать соответствующие механизмы мониторинга, анализа и принятия решений, инструменты контроля и целевые ориентиры, позволяющие придать планомерный и более эффективный, с точки зрения затрат, характер деятельности по управлению человеческими ресурсами железнодорожного транспорта и органов ВОСО на железнодорожном транспорте.

#### *Список литературы*

1. Якунин В. И. Политология транспорта. Политическое измерение транспортно-го развития/В. И. Якунин. – М.: Экономика. 2006. С. 36-37.

2. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года.

3. Красовский А.Е., Фортунатов В.В. Прорывные управленческие технологии на железнодорожном транспорте // СПб.: ФГБОУ ВПО Петербургский государственный университет путей сообщения. – М.: ФГБОУ Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. 2012.

УДК 658.314.7:330.115

## МЕТОДИКА КАТАЛОГИЗАЦИИ, СТАНДАРТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ УСЛУГ ХОЛДИНГА ОАО «РЖД»

*Цыганов Владимир Викторович* – доктор технических наук, профессор, заведующий Московским отделом

*Савушкин Сергей Александрович* – кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Московского отдела

*Лемешкова Аlesia Валерьевна* – младший научный сотрудник Московского отдела

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

Аннотация. Каталогизация, стандартизации и контроль услуг является важным элементом управления качеством холдинга ОАО «РЖД». Она включает разработку каталога услуг, стандартов их качества и системы контроля их выполнения. С позиций теории больших транспортных систем, рассматриваются вопросы разработки методики каталогизации, стандартизации и контроля услуг холдинга ОАО «РЖД».

Ключевые слова: железная дорога, холдинг, услуга, организация, управление, контроль, качество, каталог, стандарт.

## METHODOLOGY OF CATALOGING, STANDARDIZATION AND CONTROL OF SERVICES OF HOLDING "RUSSIAN RAILWAYS"

*Tsyganov Vladimir V. – Doctor of Science (Tech.), Professor, Head Moscow department*

*Savushkin Sergey Al. – PhD (Math), Senior Scientist, Leading Researcher Moscow Department*

*Lemeshkova Alesia V. – Junior Researcher Moscow department*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

Abstract. Cataloging, standardization and control services are an important element of the quality management holding company "Russian Railways". It includes the development of services Catalog, their quality standards and controls their implementation. From the position of theory of large-scale transport systems questions of the development of cataloging methodology, standardization and control of the holding services of "Russian Railways" is considered.

Keywords: railway, holding, service, organization, management, control, quality, catalog, standard.

В условиях кризиса, для холдинга ОАО «РЖД» (РЖД) особенно важна ориентация на клиента [1]. Она дает дополнительные возможности, особенно в условиях спада объемов продаж, когда на рынке нужно бороться за каждого потребителя. Поэтому в РЖД реализуется масштабная стратегия и программа развития клиентоориентированности. На первый план выходит необходимость повышения качества и расширения номенклатуры оказываемых услуг, а также разработки новых услуг, в том числе по индивидуальным запросам клиентов. Для системного ведения этой работы, в первую очередь, нужен каталог услуг РЖД. В работе [1] вводится понятие каталогизации услуг

(КУ), как совокупности процессов и операций по разработке и актуализации каталога услуг, стандартов их качества и системы контроля их выполнения.

Фундамент управления крупномасштабной транспортной компанией в условиях изменений составляет теория больших транспортных систем [2]. На ее основе авторами ранее была разработана методика технологического аудита железнодорожных перевозок и инфраструктуры, утвержденная руководством РЖД [4,5]. Теория рассматривает такие организационные принципы, как прогрессивность, комплексность, согласованность, интеллектуальность, мультипликативность, адаптивность, являющиеся содержанием концепции организационного управления развитием ПРОКСИМА [2]. Развитые на её базе принципы каталогизации услуг РЖД рассмотрены в работе [3].

С целью развития услуг, в РЖД в 2015 г. был создан Центр клиентоориентированности (ЦКО) [6,7]. Однако проектно-технологическое бюро, которое должно было, по замыслу ЦКО, «заниматься каталогизацией услуг РЖД, а также разработкой стандартов их качества» [7], так и не было создано. Более того, в 2016 г. и сам ЦКО был упразднен. Следовательно, не приходится ожидать и создания специального центра каталогизации, обеспечивающего централизованную разработку каталога услуг РЖД, стандартов их качества и системы контроля их выполнения.

Таким образом, единственный остающийся вариант решения проблемы — децентрализованная система каталогизации, в которой разработку каталога услуг РЖД, стандартов их качества и системы контроля выполняют «виртуальные» центры каталогизации, состоящие из временных коллективов – групп экспертов в этой области (кратко – каталогизаторов). Работа этой системы начинается с формирования программ каталогизации филиалов, а также дочерних и зависимых обществ (ДЗО) и РЖД в целом. Исходя из опыта разработки организационной структуры технологического аудита железнодорожных перевозок и инфраструктуры [4], за реализацию и контроль выполнения программы каталогизации РЖД должен отвечать начальник отдела координации услуг РЖД (ОКУ). Он же контролирует выполнение программ каталогизации филиалов, а также дочерних и зависимых обществ (ДЗО) РЖД. Выполнение всех этих программ ведут вышеуказанные группы каталогизаторов. Координирует их работу начальник ОКУ, являющийся держателем каталога услуг РЖД.

Следующий шаг после принятия концепции – разработка методики формирования каталога услуг РЖД, стандартов их качества и системы контроля их выполнения (кратко – Методики). Главная цель Методики – обеспечение единого клиентоориентированного подхода к формированию каталога услуг, стандартов их качества и системы контроля их выполнения в бизнес-блоках, филиалах, дочерних и зависимых обществах (ДЗО) и других структурных подразделениях РЖД. В соответствии с целями Методика состоит из трех частей: каталогизация, стандартизация, контроль.

### **Каталогизация**

Объектами каталогизации являются услуги и их системы управления (включая системы планирования, нормирования, управления, мониторинга, анализа, обеспечения и взаимодействия услуг) в основных видах деятельности РЖД:

- услуги по грузовым железнодорожным перевозкам;
- услуги по пассажирским железнодорожным перевозкам в дальнем следовании и пригородном сообщении;
- транспортно-логистические услуги, в том числе предоставление локомотивной тяги;
- услуги по предоставлению инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования;
- услуги строительства объектов инфраструктуры;
- терминально-складские услуги;
- внутренние технологические и управленческие услуги.

Под внутренними технологическими услугами понимаются такие вспомогательные виды деятельности, как содержание и ремонт инфраструктуры, содержание и эксплуатация локомотивов, техническое обслуживание подвижного состава и деповский ремонт локомотивов и т. п.

Под внутренними управленческими услугами понимается деятельность, осуществляемая подразделениями аппарата управления РЖД, органов управления функциональных филиалов РЖД, их региональных подразделений, РЦКУ и линейных структурных подразделений.

Задачами системы каталогизации являются:

- формирование базового варианта каталога услуг РЖД;
- ведение и корректировка каталога услуг РЖД;
- выявление и реализация возможностей улучшения структуры каталога, уменьшения количества записей за счет унификации и параметризации услуг;
- выявление резервов совершенствования действующих и оказания новых услуг;
- классификация и кодификация услуг.

Источниками базового каталога услуг является список видов деятельности РЖД, указанных в её уставе, а также список оказываемых услуг (в т. ч. традиционных и инновационных услуг), представленных на сайте РЖД или в рабочих материалах подразделений. Дополнение базового каталога новыми услугами происходит в случае выполнения требований к услугам, таких как:

- государственная необходимость;
- соответствие назначению (миссии) РЖД и ее стратегическим целям;
- коммерческая целесообразность;
- технологическая необходимость;
- соответствие лучшим отечественным и мировым аналогам;
- наличие данной услуги в информационных изданиях РЖД.

Кодификация услуг РЖД строится на основе детализации действующего Общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности ОК 034-2014 (КПЕС 2008) (сокращенное общепринятое наименование – ОКПД2) [8].

### **Стандартизация**

В рамках Методики, решение о совершенствовании или разработке стандарта качества услуги принимается по результатам каталогизации. Группа каталогизаторов, работающая в соответствии с программой каталогизации, проводит предварительную работу по выявлению несоответствия стандарта качества данной услуги требованиям потребителей. Эта работа основывается на определении степени удовлетворенности услугой всех заинтересованных сторон: потребителей и поставщиков, сотрудников причастного и других подразделений РЖД, с учетом баланса интересов, тактического и стратегического планирования и целеполагания. При этом следует исходить из того, что РЖД строит долгосрочные взаимовыгодные отношения с потребителями на основе информационной открытости и совершенствовании процедур совместного решения вопросов, связанных с эксплуатационными и экономическими характеристиками оказываемых услуг. По сути, стандарт услуги – это согласованный и утвержденный результат компромисса участников рынка транспортных услуг – потребителя и поставщика. При этом система целей и стандартов отражает приоритеты стратегических интересов заинтересованных сторон.

По результатам предварительной работы каталогизаторов, принимается рекомендация о подтверждении, совершенствовании или разработке стандарта качества услуги РЖД. Задачами стандартизации являются разработка стандартов и дальнейшая периодическая корректировка стандартов качества услуг РЖД.

К настоящему времени в РЖД разработано около 20 стандартов качества услуг на пассажирские перевозки (в том числе на социально значимые услуги, оказываемые инвалидам). Есть и наработки по стандартам качества услуг на грузовые перевозки. В частности, отдельные стандарты качества услуг, связанных с грузоперевозками, разработаны в ПАО «Трансконтейнер» и АО «Рефсервис».

В ответ на новые требования к перевозкам, возникают и новые услуги, ориентированные на повышение качества обслуживания клиентов РЖД. В условиях ускоряющихся изменений, необходимо регулярно актуализировать существующие стандарты качества, а также разрабатывать стандарты качества на инновационные услуги.

#### **Контроль качества услуг**

В рамках Методики, контроль качества услуг включает проверку каталогизаторами (при участии руководства и сотрудников подразделений, причастных к оказанию соответствующих услуг) соответствия оказываемых услуг стандартам их качества. По результатам каталогизации делается вывод о соблюдении стандартов качества при оказании услуг, или предлагаются рекомендации и мероприятия по соблюдению этих стандартов.

Задачами системы контроля являются:

- контроль соответствия услуг требованиям отраслевых и корпоративных стандартов, других нормативных документов, сертификация услуг;
- выявление отступлений и несоответствий в документированных услугах;
- подтверждение устранения причин обнаруженных несоответствий;
- определение качества услуг и систем управления ими;
- экспертная оценка клиентоориентированности услуг и стандартов их качества;
- выявление негативных воздействий на оказание услуг, выработка предложений по улучшению;
- оценка выполнения запланированных мероприятий по повышению эффективности услуг;
- подтверждение достижения установленных целевых значений параметров услуг;
- контроль устранения факторов потенциальных рисков услуг.

Результатом контрольных мероприятий является план корректирующих и предупреждающих действий по устранению найденных несоответствий или других нежелательных ситуаций. Корректирующие и предупреждающие действия для устранения причин несоответствий или причин потенциальных несоответствий в рамках данной Методики могут выражаться в корректировке:

- услуги и процесса её оказания;
- каталога услуг РЖД;
- стандартов качества услуг РЖД;
- системы контроля выполнения стандартов качества услуг.

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 по каталогизации создается программно-информационный ресурс, обеспечивающий многоуровневый доступ к информации об услугах.

#### *Список литературы*

1. Цыганов В.В. Клиентоориентированность и каталогизация услуг в управлении крупномасштабной организацией // Информационные технологии и технологии

управления в промышленности, науке и образовании: материалы Межд. конф. Гурзуф: ИНИТ. 2016. С. 3-9.

2. Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза. – Монография. СПб: ИПТ РАН. 2016. 216 с.

3. Цыганов В.В., Савушкин С. А., Горбунов В.Г. Принципы каталогизации услуг крупномасштабной организации / Труды межд. конф. «Информационные технологии и технологии управления в промышленности, науке и образовании». Гурзуф: АНИТ. 2016. С. 10-19.

4. Цыганов В.В., Савушкин С.А., Горбунов В.Г. Организационная система технологического аудита // Информационные технологии в науке, образовании и управлении: материалы Межд. конф. – М.: ИНИТ. 2015. С. 26-39.

5. Цыганов В.В., Бородин В.А., Лемешкова А.В. Адаптивные механизмы технологического аудита // Информационные технологии в науке, образовании и управлении»: материалы Межд. конф. – М.: ИНИТ. 2015. С. 13-21.

6. Ермоленко М. Формируя культ карго: как выиграть конкуренцию за груз? // РЖД-Партнер. 2015. № 13-14. 26-28 с.

7. Ушкова Е. Каждому по потребностям // РЖД-Партнер. 2015. № 19. С. 10-12.

8. Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности ОКПД2. <http://www.aup.ru/okpd/index.html>.

УДК 658.314.7:330.115

## ОРГАНИЗАЦИЯ КАТАЛОГА УСЛУГ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ

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

*Аннотация. Рассмотрены вопросы построения каталога услуг транспортной компании. Сформулированы назначение каталога услуг, цели его создания и области применения. Описаны принципы и процедуры формирования, ведения и целевого применения каталога.*

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

## ORGANIZATION of the CATALOG of TRANSPORTATION COMPANY

*Savushkin Sergey A. – PhD (Math), Senior Scientist, Leading Researcher, Moscow Department, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*Abstract. Questions of construction of catalog of services of the transport company. Formulated role of catalog of services, purpose of its creation and areas of application. The principles and procedures for the formation, support and use of the catalog.*

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

### Введение

Теоретической основой исследований вопросов повышения эффективности

управления крупномасштабной компанией является теория больших транспортных систем [1]. Проблема организации каталога услуг тесно связана с проблемой качества управления [2], повышения уровня технологического развития предприятия, которую в настоящее время призвана решать система постоянно действующих технологических аудитов [3-5]. Отличие состоит в том, что 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 [6] 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 предполагается, 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 [7]. Каталог услуг компании является нормативным документом и обязателен к применению всеми ее структурными подразделениями. Это обстоятельство создаст у клиента уверенность в содержании и качестве услуги, что, в свою очередь, будет способствовать привлечению компанией дополнительных клиентов.

#### **Принципы построения, цели, области применения каталога услуг**

Основная цель создания каталога услуг вытекает из проводимой компанией политики клиентоориентированности, которая предполагает гибкую настройку производственного процесса на потребности клиента. При этом такая настройка должна производиться оперативно (в режиме онлайн) и 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.

В связи с этим, основными задачами, которые призван решать каталог услуг, являются:

- систематизация набора услуг, оказываемых компанией в соответствие с разработанными принципами.
- облегченный доступ на основе электронной версии каталога к информации об услугах и связях между ними.
- компактное представление всей сферы деятельности компании, облегчающее ее исследование и выработку стратегических решений.

Каталог может применяться для:

- анализа рыночной конъюнктуры и места компании на рынке услуг.
- систематизации деятельности компании и оценки ее результативности с точки зрения качества предоставленных услуг.
- разработки стандартов качества предоставленных услуг.
- построения системы оценки качества оказания услуг.
- информирования и рекламирования деятельности компании.
- исследования портфеля услуг для определения новых перспективных услуг.

В настоящее время аналогичным действующим документом в масштабе страны является Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности (ОКПД2) [8]. ОКПД2 построен на основе гармонизации со Статистической классификацией продукции по видам деятельности в Европейском экономическом сообществе (КПЕС 2008) - Statistical Classification of Products by Activity in the European

Economic Community, 2008 version (CPA 2008) путем сохранения без изменения в ОКПД2 из КПЕС 2008 кодов и объемов понятий соответствующих позиций.

Подход к организации каталога услуг предполагает классификацию и группирование имеющегося набора услуг, и построение на этой основе структуры каталога. При этом применение ОКПД2 для кодификации позволит точнее ориентировать компанию на общероссийском, а также и на европейском рынке услуг.

#### **Классификация, группировка и кодификация услуг**

Для формирования каталога необходимо изучить набор услуг, оказываемых компанией в том виде, как они сформулированы в настоящее время, опубликованная на сайтах компании, в печатной периодики или обозначены в ее уставе. Исходя из этого, причиной включения услуги в каталог может быть:

- соответствие назначению (миссии) и стратегическим целям (в соответствии с уставом компании);
- государственная необходимость (по указаниям руководства компании во исполнение законов, постановлений правительства и других актов, обязательных для исполнения);
- коммерческая целесообразность;
- заинтересованность клиента в оказании новой услуги, не включенной в каталог;
- технологическая необходимость, в том числе соответствие лучшим отечественным и мировым аналогам;
- наличие данной услуги в соответствующем разделе ОКПД2 и в информационных изданиях компании.

Структуризация каталога проводится на основе:

- вертикальной классификации по родо-видовым отношениям.
- горизонтальное группирование по причинно-следственным и технологическим связям.
- группирование по ассоциативным отношениям;
- параметризация.

Классификация услуг транспортной компании проводится на основе сложившейся практики их оказания и характера (грузовые и пассажирские перевозки, терминально-складские и транспортно-логистические услуги, предоставление инфраструктуры) и др. В основе классификации может быть положено многослойное классификационное дерево, одной из вершин которого является «идеальная услуга».

#### **Принцип идеальной услуги**

Исходя из миссии и стратегических целей компании, формулируется «идеальная услуга», объединяющая все виды деятельности компании. Ее анализ позволяет систематизировать все услуги, оказываемые компанией. При этом не имеет значения то, что «идеальная услуга» не может быть реализована в полном объеме.

Выбор варианта 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 ОКПД2 посредством выбора в ОКПД2 кода услуги, наиболее близкой по смыслу каталогизируемой услуге (т.е. родовая услуга). Внутренний код услуги определяется на основе классификационного дерева, а полный код услуги формируется как комбинация этих двух частей кода.

В отдельных случаях возможно также присвоение услуге вспомогательных кодов из иных подсистем классификации услуг, в том числе, из смежных разделов ОКПД2.

### **Формализация описания услуги**

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 не востребовавшая, 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 в целях защиты государственной и коммерческой тайны каталог содержит открытую (для общего пользования) и закрытую части.

### **Организационная система**

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.

Анализ каталога включает выявление новых перспективных услуг, а также не востребованных и устаревших услуг, совершенствования структуры каталога, проверку соответствия требованиям нормативных документов компании и др.

Условиями включения услуги в каталог являются положительный результат предварительной апробации спроса на услугу, обоснование новизны данной услуги, содержащее список аналогичных услуг из каталога, с указаниями отличий новой услуги от каждой услуги из этого списка, расчетная оценка эффективности услуги, статистическая информация о случаях оказания услуги и соответствующих значениях показателей её качества и финансово-экономических показателей, о клиентах и оценках степени их удовлетворенности.

Сопровождение каталога включает его анализ и корректировку в связи с изменениями потребностей клиентов, нормативных документов, структуры управления и др. Анализ и выявление несоответствий в каталоге может производиться каталогизатором, владельцами услуг и группами контроля.

Если услуга не оказывается в течение длительного времени, ей присваивается статус «невостребованная». Если услуга пребывает в этом статусе длительное время и не является обязательной, она подлежит исключению из каталога.

Для обеспечения пользователей каталогом услуг информация из открытой части каталога публикуется на сайте компании и других рекламных изданиях. Аналитическим службам компании доступна также закрытая часть каталога.

#### *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., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Показатели сложности организационных структур управления транспортными сетями // Транспорт: наука, техника, управление. 2015. № 11. С. 6-16.

3. Белый О.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А., Цыганов В.В. Экспертиза и разработка крупномасштабных железнодорожных проектов // Ренессанс железных дорог: фундаментальные научные исследования и прорывные инновации: колл. моногр. членов Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». Ногинск: Аналитика Родис. 2015. С. 165-182.

4. Белый О.В., Малыгин И.Г., Цыганов В.В., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Принципы научной экспертизы крупномасштабных транспортных проектов // Транспорт: наука, техника, управление. 2015. № 3. С. 3-11.

5. Цыганов В.В., Савушкин С.А., Горбунов В.Г., Лемешкова А.В. Технологический и ценовой аудит проекта терминально - логистического центра транспорта // Информационные технологии в науке, образовании и управлении: материалы Межд. конф. Гурзуф: ИНИТ. 2016. С. 47-56.

6. Цыганов В.В. Клиентоориентированность и каталогизация услуг в управлении крупномасштабной организацией // Информационные технологии и технологии управления в промышленности, науке и образовании: материалы Межд. конф. Гурзуф: ИНИТ. 2016. С. 3–9.

7. Цыганов В.В., Савушкин С.А., Горбунов В.Г. Принципы каталогизации услуг крупномасштабной организации // Информационные технологии и технологии управления в промышленности, науке и образовании: материалы Межд. конф. Гурзуф: ИНИТ. 2016. С. 19-28.

8. Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности ОКПД2. URL: <http://www.aup.ru/okpd/index.html> (дата обращения – 11.10.2016).

## МОДЕЛЬ МОДИФИКАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СЛОЖНЫХ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*Трудов Олег Геннадьевич – начальник отдела научно-технических программ  
Департамента технической политики, ОАО «Российские железные дороги», г. Москва*

*Аннотация.* *Посредством интеграции метода оценки «стоимости жизненного цикла» товаров и модификационного подхода создания новых видов товаров разрабатывается модель модификационного управления стоимостью жизненного цикла сложных пожарно-технических систем. Демонстрируется ее работоспособность на примере автоматических систем пожаротушения. Даются рекомендации по дальнейшему развитию и практическому использованию разработанной модели.*

*Ключевые слова:* *управление, затраты, жизненный цикл, инвестиционное планирование, автоматические системы пожаротушения, железнодорожный транспорт.*

## THE MODEL OF THE MODIFICATION CONTROL COST OF THE LIFE CYCLE OF COMPLEX OF RAILWAY FIRE-TECHNICAL SYSTEMS

*Trudov Oleg G. – Head of the department of scientific and technical programs of  
Technical Policy Department, OJSC "Russian Railways", Moscow*

*Abstract.* *The model of the modification management life cycle cost of complex fire-technical systems is developed here with integrating assessment method «life cycle cost» of products and «the modification approach of creating new types of products». Recommendations for further development and practical use of this model are given here.*

*Keywords:* *management, costs, life-cycle, investment planning, automatic fire extinguishing systems, railway transport.*

Одним из ключевых направлений совершенствования систем управления корпоративным финансовым планированием в ОАО «РЖД» на долгосрочную перспективу [1] в настоящее время является переход ценообразования от системы «издержки плюс» к системе «стоимости жизненного цикла» (СЖЦ) с учетом отраслевой специфики приобретаемой и эксплуатируемой продукции [2].

К настоящему времени метод оценки стоимости жизненного цикла уже прошел апробацию при расчете подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта [3]. К сожалению, метод СЖЦ не рассматривался применительно к иным видам деятельности ОАО «РЖД» [4], а в рамках рассмотренных видов деятельности не было предложено инструментария, в границах которого осуществлялось бы совершенствование приобретаемых сложных технических изделий.

В настоящей работе разрабатывается модель модификационного управления стоимостью жизненного цикла применительно к сложным пожарно-техническим системам (СПТС) [5].

Модель модификационного управления стоимостью жизненного цикла сложных пожарно-технических систем разрабатывается на основе метода модификационного управления стоимостью жизненного цикла технических систем (рис. 1), рассмотренного ранее в [6]. Данная модель формализует управляемый заказчиком производствен-

ный переход от более затратной и менее технологичной СПТС - 1 к менее затратной и более технологичной - 2 для заказчика СПТС, посредством стоимостного регулирующего  $\bar{R}$  и модифицирующего  $\bar{M}$  воздействий.

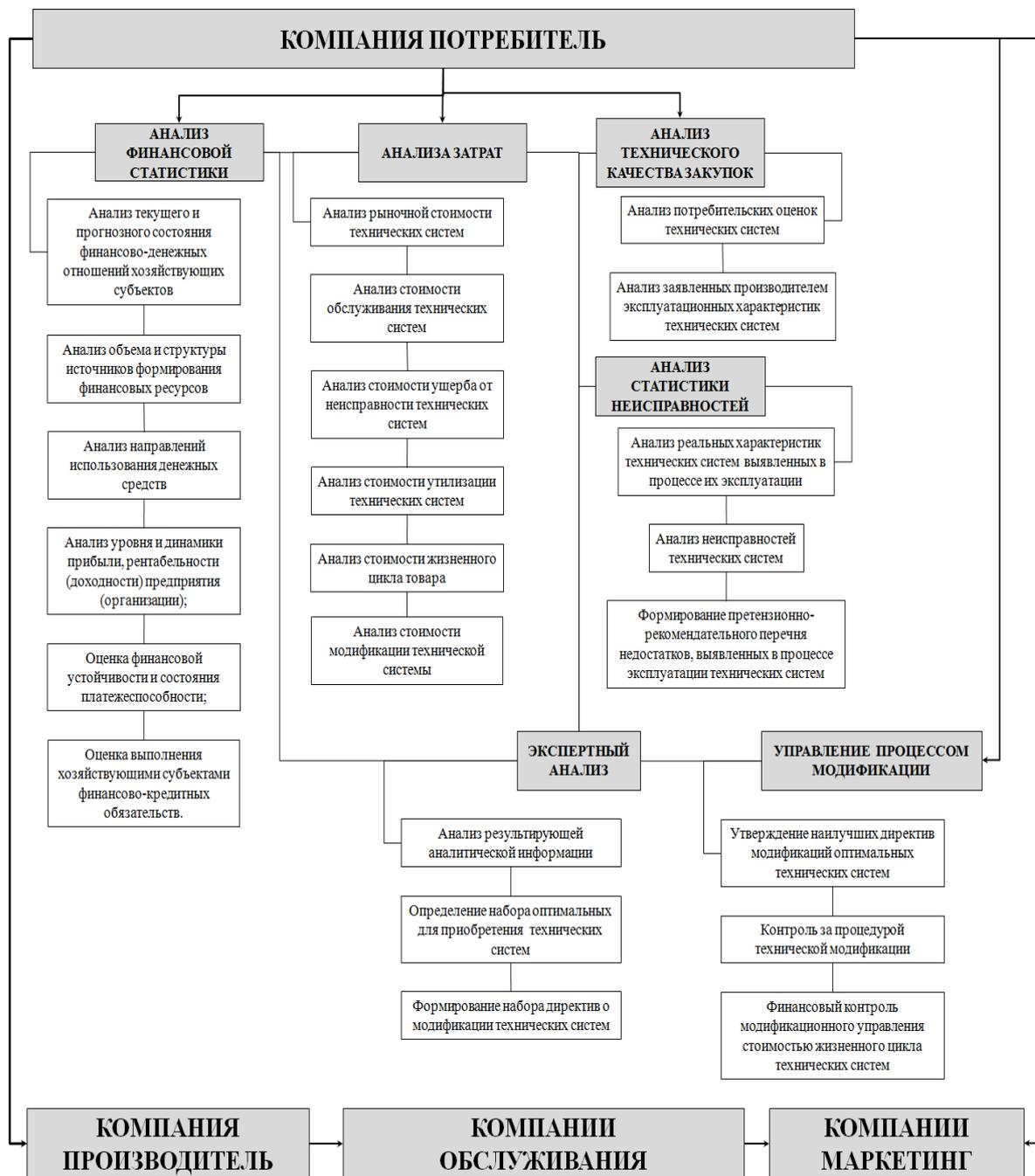


Рисунок 1 – Схема метода модификационного управления стоимостью жизненного цикла технических систем

Модель модификационного управления стоимостью жизненного цикла СПТС задается согласно следующим выражениям:

$$\overline{LCC}_R^2 = \overline{LCC}^1 - \bar{R} = (C_p + C_p^R) + \sum_{t=1}^T \left( [C_t^I - C_t^{R_I}] + [\Delta C_t^E - C_t^{R_E}] - [C_t^L + C_t^{R_L}] \right) \cdot \alpha_t \quad (1)$$

$$\bar{P}_M^2 = \bar{P}^1 + \bar{M} = \sum_i^P f_i + \sum_m^M f_m \quad (2)$$

$$LCC_R < LCC, \quad (3)$$

где  $LCC_R^2$  - стоимость жизненного цикла СПТС  $\bar{P}_M^2$  после модификации, тыс. руб.;  $LCC = LCC_{\alpha}^{opt}(C; H)^1$  - стоимость жизненного цикла СПТС  $\bar{P}^1$  до модификации, тыс. руб.;  $\bar{R} = (C_p^R; C_t^{RI}; C_t^{RE}; C_t^{RL})$  - вектор стоимостного регулирования стоимости жизненного цикла, тыс. руб.;  $C_p^R$  - модификатор цены приобретения, тыс. руб.;  $C_t^{RI}$  - модификатор эксплуатационных расходов, тыс. руб.;  $C_t^{RE}$  - модификатор сопутствующих единовременных затрат, связанных с введением СПТС в эксплуатацию, тыс. руб.;  $C_t^{RL}$  - модификатор ликвидационной стоимости СПТС, тыс. руб.;  $P$  - СПТС со стоимостью жизненного цикла  $LCC^1$ ;  $\bar{M}$  - вектор-модификатор СПТС;  $f_i$  - характеристики СПТС  $\bar{P}^1$ ,  $i = 1, P$ ;  $f_m$  - модификаторы характеристик СПТС  $\bar{P}^1$ ,  $m = 1, M$ ;  $f_i$  - характеристики модифицированной СПТС  $\bar{P}^2$ ,  $i = 1, M$ .

Модель модификационного управления стоимостью жизненного цикла сложных пожарно-технических систем представим в виде структурной схемы (рис. 2).

Адекватность модели модификационного управления стоимостью жизненного цикла сложных пожарно-технических систем (1)-(3) рассмотрим на примере модификации автоматических систем пожаротушения (АСП).

Произведем сравнение разработанной модели модификационного управления стоимостью жизненного цикла с моделью управления стоимости жизненного цикла и существующей рыночной моделью.

Существующей рыночной модели соответствует базовая АСП 1, модели управления стоимостью жизненного цикла соответствует эталонная АСП 2, а модели модификационного управления стоимостью жизненного цикла соответствует АСП 3.

Данные расчета стоимости жизненного цикла базовой АСП 1, эталонной АСП 2, и модифицированной АСП 3 на пятилетнем горизонте планирования даны в таблице 1.

Таблица 1 – Стоимости жизненного цикла сравниваемых АСП

| Название АСП | Горизонт планирования, годы     |            |            |            |            |            |
|--------------|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|              | 0                               | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          |
|              | Стоимость жизненного цикла, руб |            |            |            |            |            |
| АСП 1        | 5373348,58                      | 5551193,34 | 5616618,78 | 5640601,19 | 5649392,1  | 5650384,79 |
| АСП 2        | 4596382,3                       | 4622836,66 | 4632568,67 | 4636386,45 | 4637878,33 | 4636122,22 |
| АСП 3        | 4016104,76                      | 4037455,7  | 4045310,27 | 4048184,6  | 4049236,42 | 4047063,94 |

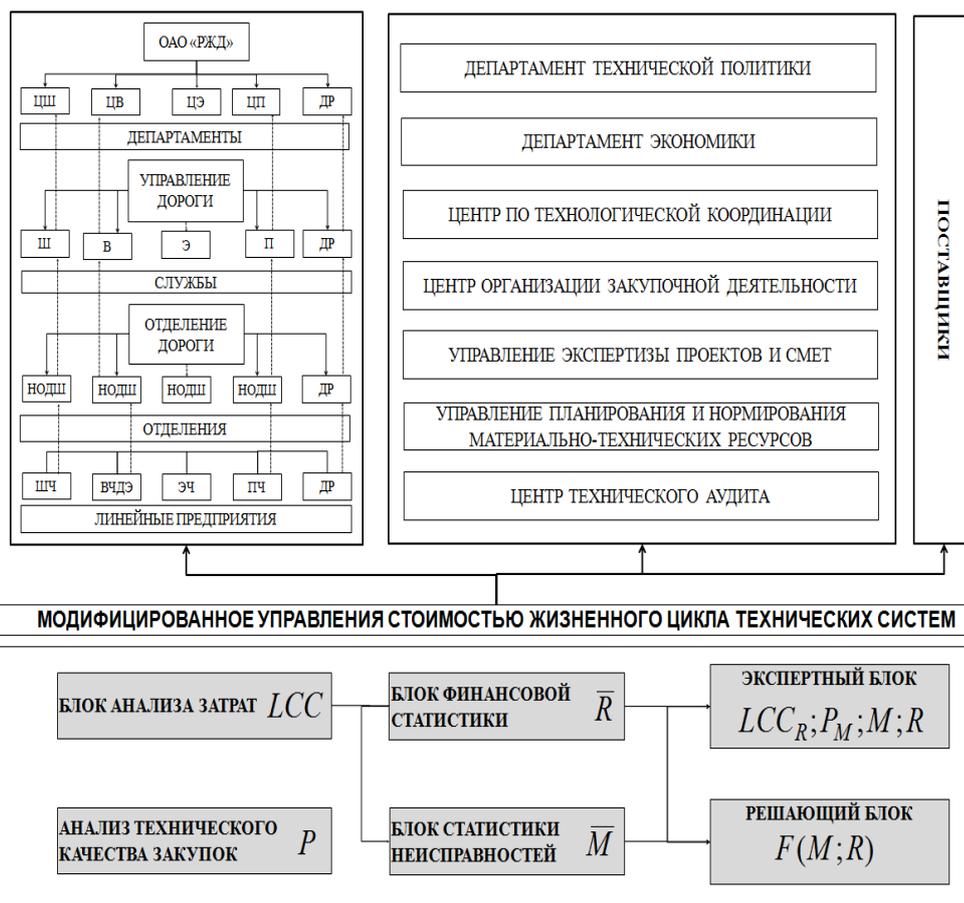


Рисунок 2 – Схема модели модификационного управления стоимостью жизненного цикла сложных пожарно-технических систем

Для сравниваемых АСП определим вектор стоимостного регулирующего  $\bar{R}$  воздействия, результат вычисления занесем в таблицу 2.

Таблица 2 – Определение вектора  $\bar{R}$

| Наименование              | $\bar{P}^1 = \bar{P}_\alpha^{opt}$      | $\bar{M}$                                     | $\bar{P}_M^2$                           |
|---------------------------|---|---|---|
| Проектирование АСП        | Компания проектировщик АСП2             | Выбор компании проектировщика АСП3            | Компания проектировщик АСП3             |
| Разработка проекта АСП    | Проект АСП 2                            | Разработка проекта АСП 3                      | Проект АСП 3                            |
| Производство АСП          | Компоненты АСП 2                        | Выбор компонентов АСП 3                       | Компоненты АСП 3                        |
| Установка АСП             | Компания, осуществляющая монтаж АСП2    | Выбор компании, осуществляющей монтаж АСП3    | Компания, осуществляющая монтаж АСП3    |
| Обслуживание АСП          | Компания, обслуживающая АСП 2           | Выбор компании обслуживающей АСП 3            | Компания, обслуживающая АСП 3           |
| Демонтаж и утилизация АСП | Компания, осуществляющая демонтаж АСП 2 | Выбор компании, осуществляющей демонтаж АСП 3 | Компания, осуществляющая демонтаж АСП 3 |

Также для сравниваемых АСП определим вектор модифицирующего воздействия  $\bar{M}$ . Результат его вычисления занесем в таблицу 3.

Таблица 3 – Определение вектора  $\bar{M}$

| Наименование   | Значение         |          |          |          |          |
|--|------------------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Модификатор цены приобретения, <math>C_p^R</math>, руб</b>                                | <b>570851,96</b> |          |          |          |          |
| Проект, руб  | 27398,68         |          |          |          |          |
| Оборудование, руб  | 13187,59         |          |          |          |          |
| Материалы, руб   | 167235,28        |          |          |          |          |
| Монтаж насосной станции пожаротушения, руб   | 22997,46         |          |          |          |          |
| Монтаж спринклерной системы и внутреннего пожарного водопровода, руб                         | 271670,48        |          |          |          |          |
| Монтажные работы электротехнической части, руб   | 68362,47         |          |          |          |          |
| <b>Модификатор единовременных затрат введения в эксплуатацию, <math>C_t^{RE}</math>, руб</b> | <b>4520,31</b>   |          |          |          |          |
| Пусконаладочные работы, руб  | 4520,31          |          |          |          |          |
| <b>Модификатор эксплуатационных расходов, <math>C_t^{RI}</math>, руб</b>                     |                  |          |          |          |          |
| Годы   | 1                | 2        | 3        | 4        | 5        |
| Внешнее обслуживание, руб  | 6000             | 18000,00 | 24000,00 | 30000,00 | 36000,00 |
| <b>Модификатор ликвидационной стоимости, <math>C_t^{RL}</math>, руб</b>                      |                  |          |          |          |          |
| Годы   | 1                | 2        | 3        | 4        | 5        |
| Ликвидационная стоимость, руб  | -1094,72         | -1144,89 | -976,12  | -807,34  | 39079,79 |

Построим по данным таблицы 1 графики стоимости жизненного цикла базовой (АСП 1), эталонной (АСП 2) и модифицированной (АСП 3) в границах модели модификационного управления стоимостью жизненного цикла СПТС. Графики представим на рисунке 3.

Зеленая линия (нижняя) на графике, соответствует модели модификационного управления стоимостью жизненного цикла СПТС и наглядно демонстрирует ее преимущество перед другими рассматриваемыми моделями.

Как видно из рисунка 3 модификационное управление стоимостью жизненного цикла СПТС позволяет на 23 % сократить расходы на переоснащение и обслуживание автоматических систем пожаротушения, в части операционных расходов и капитальных затрат компании ОАО «РЖД».

Разработанный метод модификационного управления стоимостью жизненного цикла сложных пожарно-технических систем позволяет управлять корпоративным финансовым планированием в области технического обеспечения пожарной безопасности, начиная с анализа эксплуатируемых АСП и последующей разработкой новых АСП.

Применение единой методологии производителями и потребителями позволяет получать прогнозируемые результаты расчетов, принимать экономически обоснованные решения и более уверенно осуществлять стратегическое планирование финансово-хозяйственной и инновационной деятельностью в области корпоративной пожарной безопасности.

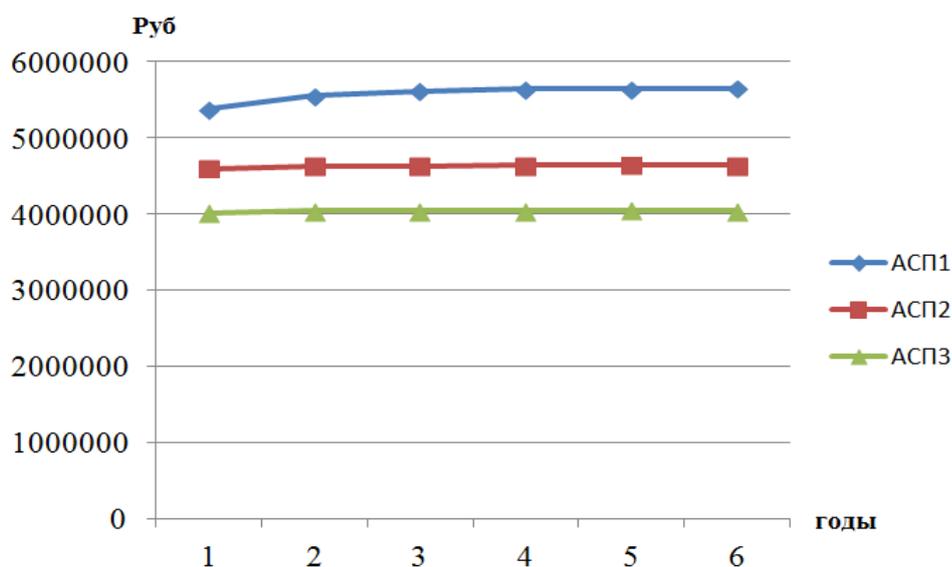


Рисунок 3 – Сравнение стоимостей жизненного цикла базовой, эталонной и модифицированной АСП

Рассмотренная технология решения задач стратегического инвестиционного планирования обладает общностью и может быть использована в других отраслях транснациональной экономики.

#### Список литературы

1. Черемин Г.Д. Проблемы государственной политики реформирования Российского железнодорожного транспорта // Власть. 2014. № 5. С. 59-64.
2. Трудов О.Г., Кострикин К.О. О применении методологии СЖЦ для определения перспективных направлений инновационного развития продукции // Техника железных дорог. № 2 (14). 2010. С.37-40
3. Маскаев С.А. Стоимость жизненного цикла и инвестиционная составляющая в тарифе за пользование грузовыми вагонами в международном сообщении // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. 2011. № 1-1. С. 181-190.
4. Белый О.В., Еналиев А.К., Савушкин С.А., Цыганов В.В. Проблемы оптимизация структуры регионального управления движением, инфраструктурой и железнодорожными перевозками // Научное обеспечение инновационного развития и повышения эффективности деятельности железнодорожного транспорта: коллективная монография членов и научных партнеров Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» / под ред. Б.М. Лapidуса. – М.: Mittel Press. 2014. 288 с.
5. Малыгин И.Г. Методы принятия решений при разработке сложных пожарно-технических систем. СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, 2007. 288 с.
6. Малыгин И.Г., Трудов О.Г. Метод модификационного управления стоимостью жизненного цикла противопожарных технических систем // Научно-технический журнал «Пожаровзрывобезопасность». 2016. Т. 25. № 5. С. 5-17.

## МОДЕЛЬ ДИРЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-ФИНАНСОВОЙ СТРАТЕГИЕЙ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*Трудов Олег Геннадьевич – начальник отдела научно-технических программ Департамента технической политики, ОАО «Российские железные дороги», г. Москва*

*Аннотация.* Производится построение модели директивного управления инвестиционно-финансовой стратегией области пожарно-технического на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта. Работоспособность модели демонстрируется на практическом примере. Обозначаются перспективы использования предложенного метода.

*Ключевые слова:* метод директивной оптимизации, инвестиционно-финансовая стратегия, пожарная безопасность, железнодорожный транспорт.

## THE MODEL OF POLICY-MANAGEMENT OF INVESTMENT AND FINANCIAL STRATEGIES IN THE FIELD OF FIRE SAFETY TO RAILWAY

*Trudov Oleg G. – Head of the department of scientific and technical programs of Technical Policy Department, OJSC "Russian Railways", Moscow*

*Abstract.* The model of policy-management of investment and financial strategies in the field of fire safety on railway transport infrastructure is developed here. The efficiency of the model is demonstrated in a practical example. Recommendations for further development and practical use of this model are given here.

*Keywords:* method optimization directive, investment-financial strategy, fire safety, railway transport.

В настоящее время экономика России находится в процессе активной интеграции в мировую торговую систему. Усиление глобальной конкуренции, затрагивает рынки товаров, услуг и капитала. Таким образом, наблюдается процесс изменения национальных и мировых грузо- и пассажиропотоков при повышении требований к качеству транспортного обслуживания, обеспечению безопасности и устойчивости транспортной системы. Реализация функциональной составляющей последнего зависит от эффективной деятельности Российских компаний и качества, используемых ими методов стратегического управления, призванных определить необходимые действия и способы их выполнения, ведущие к долгосрочному превышению уровня результативности данной компании над уровнем конкурентов [1,2].

Сложность процедуры оптимизации и рационализации издержек в области пожарной безопасности (ПБ) сопряжена с одной стороны с выполнением нормативно-правовых требований, которые в ряде случаев не учитывают организационно-технические, пространственные, административно-территориальные и иные индивидуальные параметры объекта управления, а с другой – с обработкой большого количества нормативно-правовых документов, законов, постановлений, сводов правил, технических регламентов, ГОСТов, которыми должна руководствоваться компания при осуществлении деятельности в области обеспечения пожарной безопасности [3].

В настоящей статье, опираясь на одноименный метод [4] разрабатывается модель директивного управления инвестиционно-финансовой стратегией в области пожарной безопасности, позволяющая рационализировать процесс регулирования нормативно-правового законодательства в области пожарной безопасности в части оптимизации мер и корпоративных затрат на их исполнение.

Формальная модель задается согласно выражению:

$$\Phi^S = \langle X; L; K; C; U \rangle, \quad (1)$$

где  $X = \{X_m\}$  – множество директив законодательной базы РФ в области ПБ;

$L = \{L_i\}$  – множество объектов, подпадающих под директивы  $X = \{X_m\}$  законодательной базы РФ в области ПБ;

$K = \{K_m\}$  – параметр веса, характеризующий вероятность риска возникновения пожара при реализации директивы из множества  $X = \{X_m\}$ ;

$C = \{C_m^i\}$  – стоимость реализации директивы  $X_m$  для объекта  $L_i$ ;

$U = \{f_{XLK}; f_{XLC}; f_{Com}; f_{X_D C_D}; f_{STR}\}$  – функционал управления, который через набор операторов производит уточнение законодательной базы в области ПБ, оптимизируя стоимость корпоративных затрат, на обеспечение ПБ, в соответствии с выражением:

$$U: \begin{cases} X \rightarrow X \cup X \setminus \tilde{X}_D \\ L \rightarrow S \times C_S \end{cases}. \quad (2)$$

В состав функционала управления входит следующий набор операторов:  $f_{XLK}$  – оператор риска, который каждому объекту из множества  $L = \{L_i\}$  ставит в соответствие вероятность риска возникновения пожара при реализации директивы из множества  $X = \{X_m\}$  в соответствии с выражением:

$$f_{XLK} : L \rightarrow X \times K. \quad (3)$$

$f_{XLC} : L \rightarrow X \times C$  – оператор стоимости, который каждому объекту из множества  $L = \{L_i\}$  ставит в соответствие стоимость реализации директив из множества  $X = \{X_m\}$  в соответствии с выражением:

$$f_{XLC} : L \rightarrow X \times C. \quad (4)$$

$f_{Com}$  – оператор сравнения, который каждому объекту из  $L = \{L_i\}$  ставит в соответствие наименее затратную по стоимости программу противопожарных мероприятий, предлагаемую  $k$ -ым поставщиком услуг, и не превышающую по стоимости экспертное значение затрат  $C_{\varepsilon}^{L_i}$  или передает действие оператору  $f_{X_D C_D}$  директивной оптимизации, если стоимость программы противопожарных мероприятий превышает экспертное значение затрат на ее реализацию, согласно:

$$f_{Com} : L_i \rightarrow \begin{cases} C_{L_i}^S = \min_{S_f \leq S_{\varepsilon}} \left( \sum_{m=1}^{m=M} X_m \left( \bigvee_{k=1}^{k=N_k} C_m^{k,i} \right) \right)_{L_i} \Big| S_f \leq S_{\varepsilon} \leq C_{\varepsilon}^{L_i} \Rightarrow C_{L_i}^S \\ C_{L_i}^S = \min_{S_f \leq S_{\varepsilon}} \left( \sum_{m=1}^{m=M} X_m C_m \right)_{L_i} \Big| S_f \leq S_{\varepsilon} \geq C_{\varepsilon}^{L_i} \Rightarrow f_{X_D C_D} \end{cases}. \quad (5)$$

$f_{X_D C_D}$  – оператор директивной оптимизации, который под каждый объект из  $L = \{L_i\}$ , в отношении которого не выполняется соотношение  $C_{L_i}^S \leq C_{\varepsilon}^{L_i}$ , формирует но-

вый перечень законодательных директив  $\tilde{X}_D = \{\tilde{x}_d^{m,i}\}$ , удовлетворяющим критериям риска возникновения пожара  $S_f \leq S_\varepsilon$ , тем самым уточняя существующие директивы законодательной базы РФ в области ПБ, в соответствии с формулой:

$$f_{X_D C_D} : \left\{ \begin{array}{l} L_i \rightarrow C_{L_i}^S = \min_{S_f \leq S_\varepsilon} \left( \begin{array}{l} \sum_{m=1}^{m=N_M} X_m C_m \geq C_\varepsilon^{L_i} \xrightarrow{[\pm]} X_m^{agr} \Rightarrow \\ \Rightarrow \left( a = \underset{a=1}{\overset{2^d-1}{\vee}} \left( \overset{d=N_D}{\wedge}_{d=1} \tilde{x}_d^i \tilde{c}_d^i \right)_a \right) \end{array} \right) \\ X \rightarrow X \cup X \setminus \tilde{X}_D \end{array} \right\} \leq C_\varepsilon^{L_i}, \quad (6)$$

где  $\xrightarrow{[\pm]}$  – операция замены агрегированной директивы  $X_m^{agr}$  на наборы дополнительных директив:

$$a = \underset{a=1}{\overset{2^d-1}{\vee}} \left( \overset{d=N_D}{\wedge}_{d=1} \tilde{x}_d \right)_a,$$

$a$  – количество наборов дополнительных директив.

$f_{STR}$  – сумматор директивно-финансового планирования, который для множества объектов  $L = \{L_i\}$  выводит наименее затратную финансовую и директивную стратегии в области ПБ, согласно отображению:

$$f_{STR} : L \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} S = \overset{i=N_{I_S}}{\wedge}_{i=1} \left( \overset{m=N_{M_S}}{\wedge}_{m=1} X_m^i \overset{d=N_{D_S}}{\wedge}_{d=1} X_d^i \right) \\ C_S = \sum_{i=1}^{i=N_I} C_{L_i}^S \end{array} \right. \quad (7)$$

Схема модели директивного управления инвестиционно-финансовой стратегией в области пожарной безопасности (1)-(7) представлена на рисунке 1.

Покажем эффективность модели директивного управления инвестиционно-финансовой стратегией в области пожарной безопасности предприятий Октябрьской железной дороги - филиала ОАО «РЖД» в Санкт-Петербурге, посредством рационализации нормативно-правового законодательства в области пожарной безопасности [5] в части свода правил СП 153.13130.2013 [6].

**Практический пример.** В качестве объекта финансового планирования для простоты пояснения выберем помещение инфраструктуры железнодорожного транспорта складского назначения надземного размещения, категории В2-В3 по пожарной опасности, т.е.  $L = \text{«Складское помещение»}$ . Характеристики по обеспечению данного объекта средствами ПБ представлены в таблице 1. Требуется продемонстрировать работу модели директивного управления инвестиционно-финансовой стратегией в области пожарной безопасности.

**Решение.** Последовательно рассмотрим согласованное выполнение процедур в каждом из блоков модели:

Блок законодательная база:

$$X_1 = \text{СП 153.13130.2013};$$

$$X_2 = \text{СП 153.13130.2015}$$

Финансовый блок:

$$C_m^{k=1;i=1} = 675 \frac{\text{руб}}{\text{м}^2}; C_m^{k=2;i=1} = 1100 \frac{\text{руб}}{\text{м}^2}; C_{\varepsilon}^{L_i} = 300 \frac{\text{руб}}{\text{м}^2}$$

$$C_m^{k=1;i=2} = 200 \frac{\text{руб}}{\text{м}^2}; C_m^{k=2;i=2} = 120 \frac{\text{руб}}{\text{м}^2}; C_{\varepsilon}^{L_i} = 200 \frac{\text{руб}}{\text{м}^2}$$

Блок статистики:

$$S_{f1} = 1,2 \cdot 10^{-6}; S_{f2} = 4,2 \cdot 10^{-7}; S_{\varepsilon} = 3,2 \cdot 10^{-5}$$

Блок анализа:

$$C_{L_i}^{S1} = \min_{1,2 \cdot 10^{-6} \leq 3,3 \cdot 10^{-5}} \left( \sum_{m=1}^{m=1} X_1(607500 \vee 990000) \right)_{L_1 = \left[ \begin{array}{l} \text{складское} \\ \text{помещение} \end{array} \right]} \geq 270500$$

$$C_{L_i}^{S1} = \min_{1,2 \cdot 10^{-6} \leq 3,3 \cdot 10^{-5}} (X_1(607500))_{L_1 = \left[ \begin{array}{l} \text{складское} \\ \text{помещение} \end{array} \right]} \geq 270500 \Rightarrow f X_D C_D$$

Экспертный блок:

$$C_{L_i}^{S2} = \min_{1,2 \cdot 10^{-6} \leq 3,3 \cdot 10^{-5}} (X_1(607500))_{L_1 = \left[ \begin{array}{l} \text{складское} \\ \text{помещение} \end{array} \right]} \xleftrightarrow{\pm} X_m^{agr} = [\tilde{X}_{d=1} \wedge X_{d=2}] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (\tilde{X}_1 \tilde{C}_1^{1,2;1} \vee \tilde{X}_2 \tilde{C}_2^{1,2;1} \vee (\tilde{X}_1 \tilde{C}_1^{1,2;1} \wedge \tilde{X}_2 \tilde{C}_1^{1,2;1}))_{L_1 = \left[ \begin{array}{l} \text{складское} \\ \text{помещение} \end{array} \right]} =$$

$$= (\tilde{X}_1(180000;162000) \vee \tilde{X}_2(180000;162000) \vee (\tilde{X}_1 \wedge \tilde{X}_2(180000;162000)))_{L_1 = \left[ \begin{array}{l} \text{складское} \\ \text{помещение} \end{array} \right]} \geq 180000$$

$$X_{m=2} = X_m^{agr} = [\tilde{X}_{d=1} \wedge \tilde{X}_{d=2}] = \left[ \begin{array}{l} \text{АУПС} \wedge \text{Внутренние} \\ \text{инструкции} \end{array} \right]$$

Блок анализа:

$$C_{L_i}^{S2} = \min_{1,2 \cdot 10^{-6} \leq 3,3 \cdot 10^{-5}} (X_{m=2}(180000;162000))_{L_1 = \left[ \begin{array}{l} \text{складское} \\ \text{помещение} \end{array} \right]}$$

$$C_{L_1}^{S2} = 162000_{L_1 = \left[ \begin{array}{l} \text{складское} \\ \text{помещение} \end{array} \right]} (\text{руб})$$

Решающий блок:

$$S = \bigwedge_{i=1}^{i=N_{IS}} \left( \bigwedge_{m=1}^{m=N_{MS}} X_m^i \bigwedge_{d=1}^{d=N_{DS}} X_d^i \right) = \text{АУП} \left| \begin{array}{l} \text{свыше} \\ 1000 \text{ м.кв} \end{array} \right. \wedge \text{АУПС} \left| \begin{array}{l} \text{до } 1000 \text{ м.кв} \\ \text{Внутренние} \\ \text{инструкции} \end{array} \right.$$

Финансовый блок:

$$\Delta C_{L_1}^S = C_{L_1}^{S1} - C_{L_1}^{S2} = 607500 - 162000 = 445500 \text{ руб}$$

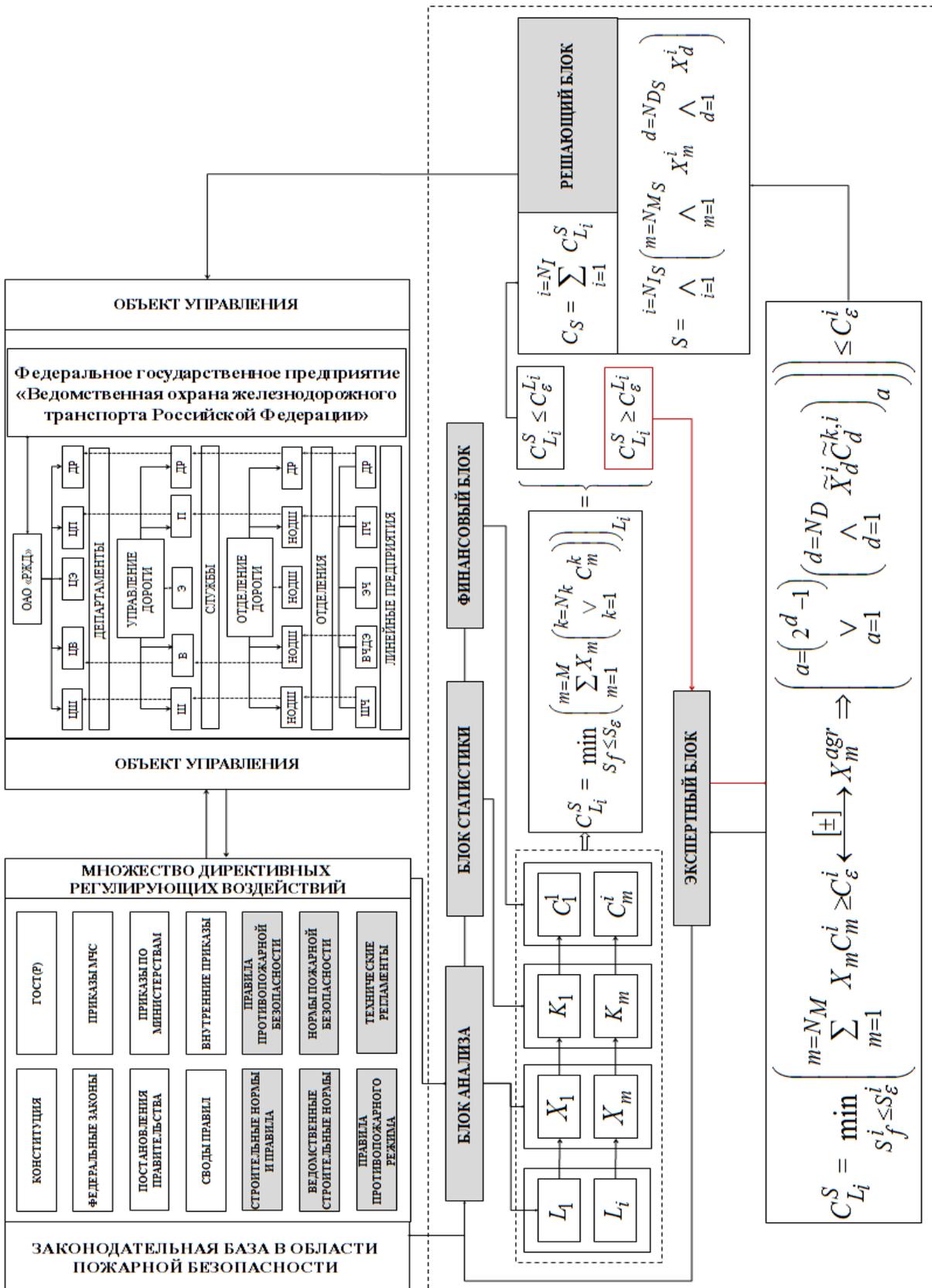


Рисунок 1 - Схема модели директивного управления инвестиционно-финансовой стратегией в области пожарной безопасности.

Таблица 1. Характеристики обеспечения пожарной безопасности на инфраструктурном объекте L=«Складское помещение»

| № | Множество директив, $X$            | Директивы, $X_m$  | Помещение, $m^2_{\text{м}}$ | Риск пожара при несоблюдении директив, $S_\varepsilon$<br>$1/m^2_{\text{м}} \cdot \text{год}$ | Риск пожара при соблюдении директив, $S_f$<br>$1/m^2_{\text{м}} \cdot \text{год}$ | Минимальная стоимость обеспечения                                   |         | Итого, стоимость обеспечения ПБ, тыс. руб. | Допустимое экспертное значение, руб./кв.м. | Итого допустимое экспертное значение, тыс. руб. |
|---|------------------------------------|---|-----------------------------|---|---|---|---------|--|--|---|
|   |                                    |   |                             |   |   | $k^1=1$   | $k^2=2$ |  |  |   |
| 1 | СП 153.13130.2013                  | Автоматическая установка пожаротушения (АУП)  | 900                         | $3,3 \cdot 10^{-5}$   | $1,2 \cdot 10^{-6}$   | 675   | 1100    | 607,5                                      | не более 300                               | 270   |
| № | Множество директив, $X$            | Директивы, $\tilde{X}_d$  | Помещение, $m^2_{\text{м}}$ | Риск пожара при несоблюдении директив, $S_\varepsilon$<br>$1/m^2_{\text{м}} \cdot \text{год}$ | Риск пожара при соблюдении директив, $S_f$<br>$1/m^2_{\text{м}} \cdot \text{год}$ | Минимальная стоимость обеспечения ПБ, $\tilde{C}_d^k$<br>Руб./кв.м. |         | Итого, стоимость обеспечения ПБ, тыс. руб. | Допустимое экспертное значение, руб./кв.м. | Итого допустимое экспертное значение, тыс. руб. |
| 2 | СП 153.13130.2013 (в ред. 2015 г.) | Автоматическая установка пожарной сигнализации (АУПС)<br>Внутренние инструкции <sup>3</sup> | 900                         | $3,3 \cdot 10^{-6}$   | $4,2 \cdot 10^{-7}$   | 200 <sup>1</sup>  | 120     | 180  | не более 200                               | 180   |
| 3 |                                    |   |                             |   |   |   |         |  |  |   |

<sup>1</sup> Расчёт стоимости услуги по монтажу автоматической системы водяного пожаротушения (спринклерной системы пожаротушения) предоставлен компанией «СпецПожСервис» <http://www.rojag.ru/o-kompanii/>.

<sup>2</sup> Расчёт стоимости услуги по монтажу автоматической системы пожарной сигнализации предоставлен компанией ООО «Современные Инженерные Технологии» <http://sit.spb.ru/kontakty>.

<sup>3</sup> Распоряжение ОАО «РЖД» от 04.02.2014 г. № 255Р «Об утверждении Правил по охране труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности при техническом обслуживании и ремонте объектов инфраструктуры путевого комплекса ОАО «РЖД».

Таким образом, метод директивной оптимизации позволил сократить расходы с 607500 руб. до 162000 руб., т.е. более чем в 3,5 раза только по одному складскому помещению.

Результатом работы системы поддержки принятия решений инвестиционно-финансовым планированием деятельности в области пожарной безопасности железнодорожного транспорта было построение оптимальной финансовой стратегии с трехкратным сокращением отраслевых инвестиционных издержек посредством устранения в СП 153.13130.2013 нормативных недостатков в части требований к обеспечению ПБ объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта и принятие новой редакции СП в 2016 году [7].

Представленная модель директивного управления обладает отраслевой общностью и может быть использована как эффективный инструмент правового регулирования в транснациональной системе отраслевого хозяйствования.

#### *Список источников*

1. Черемин Г.Д. Проблемы государственной политики реформирования Российского железнодорожного транспорта // Власть. 2014. № 5. С. 59-64.
2. Белый О.В., Малыгин И.Г., Цыганов В.В., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Принципы научной экспертизы крупномасштабных транспортных проектов // Транспорт: наука, техника, управление. 2015. № 3. С. 3-11.
3. Васьков В.Т., Карпов В.В., Малыгин И.Г. Структура системы поддержки принятия решений персонала единой дежурно-диспетчерской службы 112 и состав базы моделей // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2012. № 4. С. 17-20.
4. Малыгин И.Г., Трудов О.Г. Метод директивной оптимизации в системах поддержки принятия решений в области пожарной безопасности железнодорожного транспорта // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2015. № 4 (36). С. 86-94.
5. Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2012 г. № 1481 «О федеральной целевой программе «Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 год»» (ГАРАНТ.РУ: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70192632>).
6. СП 153.13130.2013. Свод правил «Инфраструктура железнодорожного транспорта. Требования пожарной безопасности» (утвержден Приказом МЧС России от 25 декабря 2012 г. № 804).
7. Изменения №1 к своду правил СП 153.13130.2013 «Инфраструктура железнодорожного транспорта. Требования пожарной безопасности» (утверждены Приказом МЧС России от 17 июля 2016 г. № 384).

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СЛЕДЯЩИХ ИНСТРУКЦИЙ В СИСТЕМАХ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*Целикова Татьяна Владимировна – начальник отдела договоров и экономического анализа, ОАО «Российские железные дороги»*

*Аннотация.* Разрабатывается метод следящих инструкций. Производится построение модели корпоративного следящего инструктажа, реализация которого осуществляется при помощи соответствующей технологии. Разрешается проблема упреждения причин возникновения пожаров.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, железная дорога, методы профилактики пожаров, информационные системы.

## APPLICATION THE METHOD OF TRACKING THE INSTRUCTIONS IN THE FIRE SAFETY SYSTEMS RAILWAY

*Tselikova Tatiana V. – Head of the Department of contracts and economic analysis, JSC "Russian Railways"*

*Abstract.* The method of tracking instructions is developed here. The model of corporate of tracking instruction are developed here. The model of corporate tracking instruction is implemented by the proper technology. The problem of forestalling the causes of fires is solved here.

*Keywords:* fire safety, the railway, the methods of fire prevention, information system

Современные достижения науки и техники позволили создать многочисленные средства предупреждения пожаров, однако в наши дни пожары до сих пор актуальны.

В условиях научно-технической революции проблема борьбы с пожарами становится все острее. Серьезной проблемой остаются пожары, возникающие в результате совершения умышленных действий (путем поджога). В условиях многообразия форм собственности, роста числа частных и акционерных негосударственных предприятий и фирм, а также общей тенденции криминализации предпринимательской деятельности указанные преступления становятся распространенным средством психологического воздействия в борьбе с конкурентами и нанесением им материального ущерба [1,2].

Нередко пожары сопряжены с вымогательством, получением необоснованного страхового возмещения, сокрытием тяжких преступлений. Складывающаяся на протяжении последних лет картина преступности, связанная с пожарами, свидетельствует о малой эффективности мер по предупреждению, раскрытию и расследованию преступлений данного рода. Большую озабоченность вызывает низкая раскрываемость этих преступлений. В результате поверхностного расследования во многих случаях не устанавливаются причины пожаров, не выявляются виновные лица, не принимаются необходимые меры по возмещению материального ущерба, нанесенного пожаром [3]. Упреждение поджогов на железнодорожном транспорте, представляет значительную сложность, главным образом, в связи с уничтожением в процессе горения (тушения, разборки) следов преступления.

Серьезные затруднения вызывает определение причины пожара на железнодорожном транспорте и обстоятельств его возникновения, без чего, как правило, невоз-

можно установление признаков состава преступления, его квалификация, выявление виновных лиц [4].

Ужесточение существующих нормативов [5-7] не способно улучшить нынешнюю ситуацию и разрешить проблему с преступлениями данного рода.

Проблема заключается в крайне низком уровне использования современных информационно-технических систем, призванных упредить влияние «человеческого фактора» на вероятность возникновения пожара [8-9].

В настоящей работе разрабатывается метод следящих инструкций и предлагается технология его практической реализации.

Разработанная технология позволяет упреждать причины возникновения пожаров, обусловленных влиянием «человеческого фактора» и способствует повышению комплексной безопасности на предприятии.

**Метод следящих инструкций** (МСС) заключается в следующем: на первом этапе за 5-ти летний период, предшествующий отчетному, производится анализ причин возникновения пожаров и устанавливается круг должностных лиц, которые прямо или косвенно причастны к их возникновению; на втором этапе формируется перечень должностных лиц, подлежащих регулярному информационному уведомлению посредством смс-сообщений о правилах соблюдения пожарной безопасности с подтверждением о прочтении и перечень объектов, на которых вводится аудио-оповещение о соблюдении правил пожарной безопасности и охране труда. Метод следящих инструкций, может быть формально записан в виде модели:

$$M_T^I : \begin{cases} f_\alpha \xrightarrow{E} \{i_\alpha^k\} = adv(f_\alpha; I_\alpha) \\ h_j \oplus_{m_\partial} adv(f_\alpha; I_\alpha) = h_j^{adv} \\ o_k \oplus_{m_\ell} v(f_\alpha; I_\alpha) = o_k^v \end{cases} ,$$

где  $f_\alpha$  - пожар вида  $\alpha$ ;

$E$  - набор экспертов;

$I_\alpha = \{i_\alpha^k\}$  - набор инструкций вида  $k$  по предотвращению пожара вида  $\alpha$ ;

$adv(f_\alpha; I_\alpha)$  - набор персональных информационных уведомлений;

$h_j$  - сотрудник должности  $j$ ;

$\oplus_{m_\partial}$  - оператор персонального информационного уведомления;

$h_j^{adv}$  - сотрудник, получивший информационное уведомление;

$o_k$  - объект ЖТ вида  $k$ ;

$\oplus_{m_\ell}$  - оператор аудио уведомления;

$v(f_\alpha; I_\alpha)$  - набор аудио уведомлений;

$o_k^v$  - объект инфраструктуры, на котором отработала система аудиоуведомления.

Модель, построенная на основе метода следящих инструкций, носит название **модели корпоративного следящего инструктажа** (МКСИ).

В работе произведен анализ экспериментального использования МКСИ на объектах подвижного состава и железнодорожной инфраструктуры с целью обеспечения комплексной системы безопасности. В результате достигнуто снижение случаев возникновения пожара в пределах от 2 - 4 раз (рис. 1).

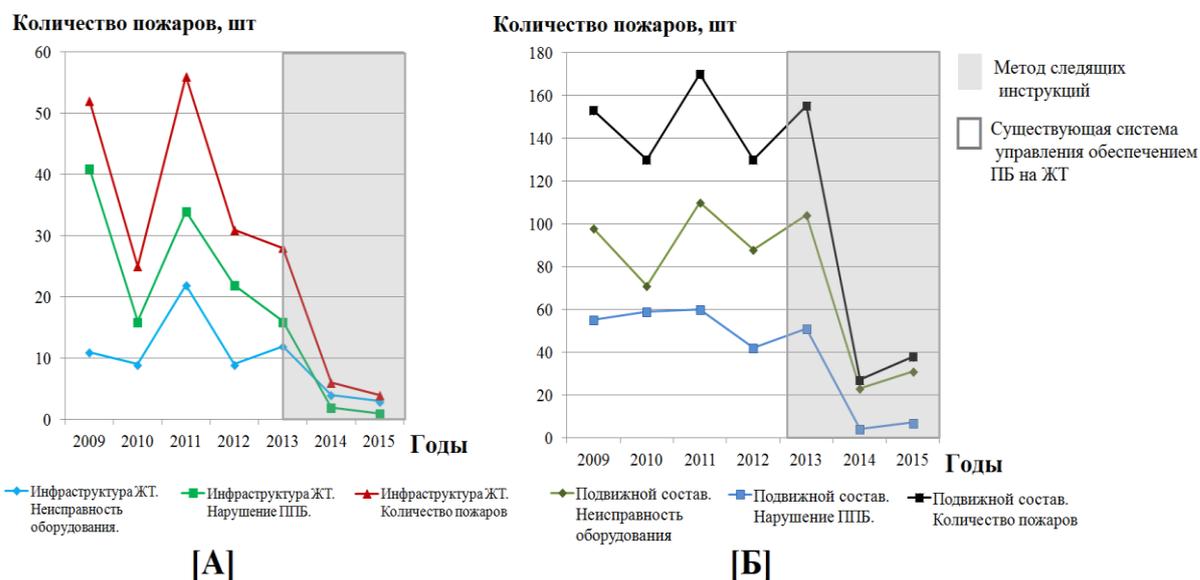


Рисунок 1 – Учет пожаров: [А]- на инфраструктуре ЖТ, [Б] – на подвижном составе

Модель корпоративного следящего инструктажа реализуется на соответствующей программно-аппаратной платформе и позволяет корпоративной системе безопасности:

- контролировать местонахождение должностного сотрудника;
- определять тип используемого должностным сотрудником устройства доступа;
- осуществлять бесконтактный инструктаж должностного сотрудника о правилах поведения на данном объекте;
- повышает доступность сети за счет получения и консолидации критически важной информации о РЧ - спектре, источниках РЧ - помех, устройствах и пользователях в сети;
- позволяет использовать анализ местоположения для получения данных о поведении конечных пользователей и их оперативного информирования о правилах поведения в местах их пребывания.

Пример интерфейса системы корпоративного следящего инструктажа, реализованной на соответствующей информационной платформе, представлен на рис 2.

На интерфейсе (рис. 2) отображаются размещение всех идентифицированных элементов (точек доступа, клиентов, теги) и их относительная сила сигнала (RSSI). RSSI отображается цветными кольцами, которые окружают элемент. Точное значение RSSI для каждого элемента указывается в верхней части экрана в легенде RSSI.

В результате внедрения метода следящих инструкций в систему обеспечения комплексной корпоративной безопасности удалось не менее чем в 2 раза снизить вероятность возникновения пожара и, как следствие:

- сократить в 3 раза расходы на возмещение ущерба от пожаров на железной дороге;

- скорректировать риски финансового планирования на долгосрочную перспективу от ущербов пожара;
- улучшить условия труда сотрудников и уровень обслуживания пассажиров.

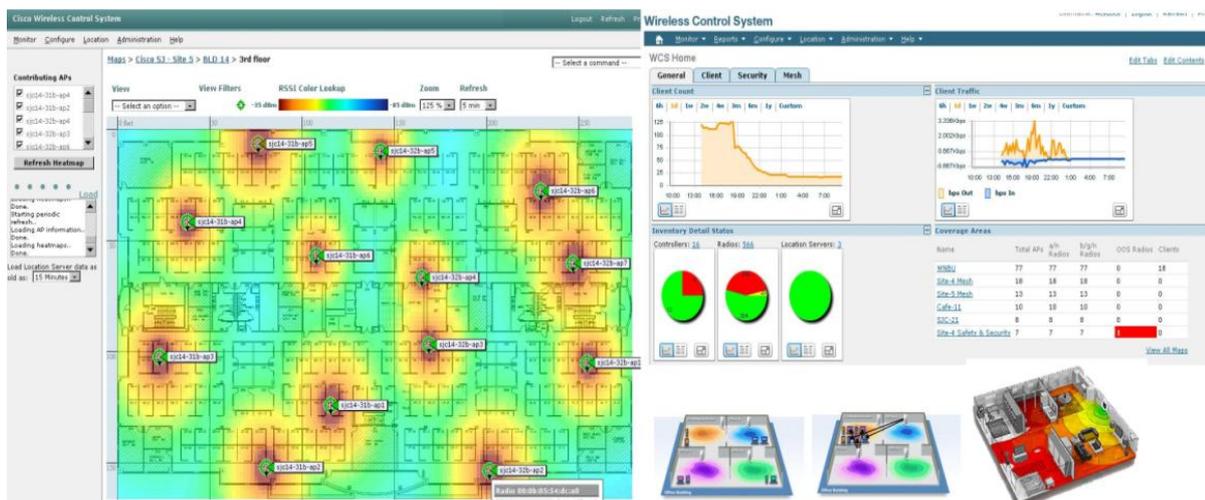


Рисунок 2 – Пользовательский интерфейс системы безопасности

Разработанный метод и его реализация согласуются:

- с распоряжением от 20 декабря 2010 г. № 2628р «Об утверждении концепции корпоративной безопасности ОАО «РЖД» в условиях реформирования»;
- с распоряжением от 4 июля 2013 г. № 1498р «Об утверждении руководства по созданию системы менеджмента безопасности движения в холдинге «РЖД»».

А также соответствует положениям Стратегии развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года.

Предложенные решения обладают отраслевой целесообразностью и могут быть использованы наравне с другими решениями [10-14] в системе обеспечения комплексной пожарной безопасности на объектах и предприятиях железнодорожного транспорта.

#### Список литературы

1. Будаев Э.В. Криминалистическая характеристика умышленного уничтожения или повреждения чужого имущества, совершенного путем поджога // Вестник Бурятского государственного университета. 2015. № 2. С. 193-197.
2. Эндерс А.И. Проблема выявления следов преступления, сокрытых путем поджога, на первоначальном этапе расследования // Общество и право. 2015. № 4 (54). С. 260-264.
3. Бондаренко Ю.А. Обстоятельства, подлежащие доказыванию по делам, связанным с нарушениями требований пожарной безопасности // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. 2013. № 3-2. С. 70-77.
4. Слепцов И.В. Уголовная ответственность за нарушение правил пожарной безопасности: Дис... канд. юр.наук. – Москва: Московская высшая школа милиции МВД РФ, 1993 – 247 с.
5. Щербина А.В. Правовые аспекты создания и содержания подразделений пожарной охраны на предприятиях // Известия ОГАУ. 2014. № 6 (50). С. 245-246.
6. Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2012 г. № 1481 «О Федеральной целевой программе «Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года» (ГАРАНТ.РУ: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70192632>).

7. СП 153.13130.2013. Свод правил «Инфраструктура железнодорожного транспорта. Требования пожарной безопасности». Утвержден Приказом МЧС России № 804 от 25 декабря 2012 г.

8. Баскаков В.П., Ефимов В.И., Сенаторов Г.В. Оценка рисков аварий, инцидентов и несчастных случаев. Планы управления безопасностью труда // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2011. № 1. С. 22-35.

9. Беликов В.С., Катцын Д.В., Малыгин И.Г., Цыганов В.В. Системные аспекты пожарной безопасности на железнодорожном транспорте. Монография. СПб.: ИПТ РАН, 2011. 152 с.

10. Малыгин И.Г., Трудов О.Г. Метод директивной оптимизации в системах поддержки принятия решений в области пожарной безопасности железнодорожного транспорта // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техно-сфере». № 4 (36). 2015. С. 86-95.

11. Малыгин И.Г., Трудов О.Г. Метод модификационного управления стоимостью жизненного цикла противопожарных технических систем // Научно-технический журнал «Пожаровзрывобезопасность». 2016. № 5. С. 5-17.

12. Целикова Т.В., Гапанович В.А., Назаров А.С. и др. Экономика инноваций на железнодорожном транспорте. Монография. М.: ВИНТИ РАН, 2011. – 240 с.

13. Целикова Т.В. Методика расчета показателей эффективности проведения пожарно-профилактических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015: материалы Юбилейной Междунар. научно-практ. конф. С.-Петербург, 24-25 ноября 2015 г. СПб.: ИПТ РАН, 2015. Т. 2. С. 44-48.

14. Целикова Т.В. Предложения по структуре методики расчета показателей экономической эффективности мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015: материалы Юбилейной Междунар. научно-практ. конф. С.-Петербург, 24-25 ноября 2015 г. СПб.: ИПТ РАН, 2015. Т. 2. С. 48-52.

УДК 004.94, 656.078, 656.25

## **ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВЫЕ МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ ВЕРОЯТНОСТНОГО УЩЕРБА ОТ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

*Целикова Татьяна Владимировна – начальник отдела договоров и экономического анализа, ОАО «Российские железные дороги»*

*Аннотация.* Разрабатывается метод финансового учета программно-целевых мер профилактики вероятностного ущерба и метод следящих инструкций. Производится построение модели корпоративного следящего инструктажа. Разрешается проблема предупреждения причин возникновения пожаров.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, объекты железнодорожного транспорта, методы профилактики пожаров, информационные системы.

## **PROGRAM-TARGET METHODS AND MODELS FOR PREVENTION OF PROBABILISTIC DAMAGE FROM FIRES ON RAILWAYS**

*Abstract.* The method of financial accounting programme-targeted prevention measures of the probability of damage from fires and the method of tracking instructions are developed here. The model of corporate of tracking instruction are developed here. The problem of forestalling the causes of fires is solved here.

*Keywords:* fire safety, railway transport, methods of fire prevention, information system.

Производственные процессы на объектах железнодорожного транспорта отличаются многообразием по видам трудовой деятельности, по технологиям, применяемым техническим средствам, условиям труда и повышенной степени опасности. В настоящее время в ОАО «РЖД» действует Функциональная стратегия обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса, утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 29 мая 2007 г. № 987р [1].

Обеспечение пожарной безопасности на железнодорожном транспорте, как составной части транспортной безопасности России, требует комплексного подхода. В соответствии со ст. 37 Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» руководители организации обязаны обеспечивать создание и содержание подразделений пожарной охраны на объектах, входящих в утверждаемый Правительством РФ перечень объектов, критически важных для национальной безопасности страны [2].

Существующая система управления пожарной безопасностью на объектах железнодорожного транспорта, в основном основывается на периодической проверке выполнения нормативных требований и инструкций, выработанных в соответствии с руководящими документами [3,4].

Корпоративная статистическая обработка данных о пожарах (количество пожаров, аварий и инцидентов, количество несчастных случаев и их тяжесть, перечень причин возникновения пожара, ситуационный анализ) как правило, не ведется, а если и ведется, то только для оценки страховых случаев.

Такой анализ не предполагает прогноз возможных нежелательных событий, а значит и не позволяет эффективно управлять безопасностью труда. Хотя, последние научные работы, говорят о движении в этом направлении [5-7].

Таким образом, организация оперативного планирования мероприятий по снижению и устранению причин и рисков возникновения пожаров и иных неблагоприятных социальных исходов на объектах железнодорожного транспорта представляют собой сложную научную задачу.

В настоящей работе разрабатывается метод финансового учета программно-целевых мер профилактики вероятностного ущерба. Метод позволяет оценить эффективность экспертных профилактических мер по упреждению чрезвычайных ситуаций (ЧС) в границах рассматриваемого горизонта планирования, способствует развитию программно-целевого подхода в корпоративном управлении обеспечения пожарной безопасности. В классе «чрезвычайных ситуаций» рассматриваются только нарушения требований пожарной безопасности («пожароопасные ситуации»).

Метод задается отображением:

$$\left( \Pi_{\alpha}; S_{\alpha}; P_{\alpha}^0 \right) \xrightarrow{Exp_{\alpha} = \begin{bmatrix} \vec{P}_{\alpha}^0 \oplus \vec{R}_{\alpha}^{Ex} \\ \leftarrow \end{bmatrix}} \max B \left( C_{\alpha}^{\rho} \left( P_{\alpha}^{Ex} \right) \right) \Big|_{p(\Pi_{\alpha}) = def} \quad (1)$$

где  $P_\alpha = \{n_l^\alpha\}$  - множество, характеризующее возникновение ЧС;

$n_l^\alpha$  - множество нарушений или действий, способствующих возникновению ЧС  $P_\alpha$ ;

$S_\alpha = \{s_\varepsilon^\alpha\}$  - последствие ЧС;

$s_\varepsilon^\alpha$  - множество видов ущерба от возникновения ЧС;

$Exp_\alpha$  - экспертное отображение, которое множеству причин возникновения ЧС и множеству последствий ЧС ставит в соответствие множество профилактических мер, предупреждающих возникновение ЧС;

$P_\alpha^0 = \{n_\kappa^\alpha\}$  - множество существующих мер профилактики, препятствующих возникновению ЧС;

$P_\alpha^{Ex} = \{n_\rho^\alpha\}$  - множество экспертно скорректированных мер профилактики, препятствующих возникновению ЧС;

$B(C_\alpha^p(P_\alpha^{Ex}))$  - функция финансовой полезности профилактических мер по предупреждению ЧС;

$p_e(P_\alpha) = def$  - экспертная вероятность возможного возникновения ЧС;

$\left[ \begin{array}{c} \vec{P}_\alpha^0 \oplus \vec{R}_\alpha^{Ex} \\ \leftarrow \end{array} \right]$  - процедура экспертного уточнения исходных мер профилактики, реализуемая согласно:

$$n_\kappa^\alpha \oplus \vec{r}_\alpha \leftarrow \left( \lambda = \begin{array}{c} 2^{\vec{\kappa}} - 1 \\ \vee \\ \lambda = 1 \end{array} \left( \begin{array}{c} \vec{\kappa} = N_{\vec{\kappa}} \\ \wedge \\ \vec{\kappa} = 1 \end{array} n_\kappa^\alpha \right) \right) \xrightarrow{\left[ \begin{array}{c} \vec{n}_\kappa^\alpha \oplus \vec{r}_\alpha^e \\ \leftarrow \end{array} \right]} n_\rho^\alpha \quad (2)$$

$$n_\rho^\alpha = \begin{cases} n_\kappa^\alpha \oplus \vec{r}_\alpha^e, & Exp = \vec{r}_\alpha^e, C_\alpha^p = \min C_\alpha^p < C_\alpha^S, p(n_\rho^\alpha) = \min p_\rho^r < p(n_\kappa^\alpha), \vec{r}_\alpha^e \supset r_\alpha^{low} \\ r_\alpha^{low}, & Exp = \emptyset \end{cases}$$

где  $\pi_{\vec{\kappa}}^\alpha$  - множество корректирующих мер профилактики, препятствующих возникновению ЧС;

$\vec{R}_\alpha^{Ex} = \{\vec{r}_\alpha^e\}$  - вектор экспертного регулирования множества исходных мер профилактики возникновения ЧС;

$C_\alpha^p$  - стоимость внедрения мер профилактики  $\pi_\rho^\alpha$ ;

$\vec{r}_\alpha$  - вектор, рассматриваемых экспертами мер профилактики ЧС;

$p(\pi_\rho^\alpha)$  - вероятность возникновения ЧС при комплексе мер  $\pi_\rho^\alpha$ ;

$p(\pi_\kappa^\alpha)$  - вероятность возникновения ЧС при комплексе мер  $\pi_\kappa^\alpha$ ;

$r_\alpha^{low}$  - меры профилактики ЧС, указанные в нормативно-законодательной базе РФ и обязательные для исполнения.

Достоинства разработанного метода заключаются в том, что его внедрение позволило изыскать дополнительные внутренние финансовые и материальные ресурсы для решения первоочередных корпоративных задач, требующих большой продолжительности инвестиционного цикла [8]. В разработанный метод также легко укладываются программные узкоотраслевые решения, призванные снизить риск возникновения чрезвычайных ситуаций.

Предложенный метод финансового учета программно-целевых мер профилактики вероятностного ущерба обладает научной новизной, отраслевой общностью и может быть использованы наравне с другими научными предложениями автора [9,10] в системе обеспечения пожарной безопасности объектов широкого отраслевого назначения.

#### *Список литературы*

1. Подсорин В.А., Тараканова Н.С. Методические подходы к оценке эффективности реализации мероприятий по повышению безопасности труда на железнодорожном транспорте // ТДР. 2010. № 10. С. 137-142
2. Щербина А.В. Правовые аспекты создания и содержания подразделений пожарной охраны на объектах // Известия ОГАУ. 2014. № 6 (50). С. 245-246.
3. Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2012 г. № 1481 «О Федеральной целевой программе «Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 г.»» (ГАРАНТ.РУ: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70192632>).
4. СП 153.13130.2013. Свод правил «Инфраструктура железнодорожного транспорта. Требования пожарной безопасности». Утвержден Приказом МЧС России от 25 декабря 2012 г. № 804.
5. Баскаков В.П., Ефимов В.И., Сенаторов Г.В. Оценка рисков аварий, инцидентов и несчастных случаев. Планы управления безопасностью труда // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2011. № 1. С. 22-35.
6. Малыгин И.Г., Трудов О.Г. Метод директивной оптимизации в системах поддержки принятия решений в области пожарной безопасности железнодорожного транспорта // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в технике». 2015. № 4 (36). С. 86-94.
7. Васьков В.Т., Карпов В.В., Малыгин И.Г. Структура системы поддержки принятия решений персонала единой дежурно-диспетчерской службы 112 и состав базы моделей // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2012. № 4. С. 17-20.
8. Целикова Т.В., Гапанович В.А., Назаров А.С. и др. Экономика инноваций на железнодорожном транспорте. Монография. М.: ВИНТИ РАН, 2011. – 240 с.
9. Целикова Т.В. Методика расчета показателей эффективности проведения пожарно-профилактических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015: материалы Юбилейной Междунар. научно-практ. конф. С.-Петербург, 24-25 ноября 2015 г. СПб.: ИПТ РАН, 2015. Т. 2. С. 44-48.
10. Целикова Т.В. Предложения по структуре методики расчета показателей экономической эффективности мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015: материалы Юбилейной Междунар. научно-практ. конф. С.-Петербург, 24-25 ноября 2015 г. СПб.: ИПТ РАН, 2015. Т. 2. С. 48-52.

## НОРМЫ «ОПАСНОЙ» БЕЗОПАСНОСТИ

*Куприн Геннадий Николаевич – кандидат технических наук, генеральный директор ООО НПО «СОПОТ», вице-президент Всемирной академии наук комплексной безопасности, академик Национальной академии наук пожарной безопасности*

*Аннотация.* Рассмотрены проблемы применения существующих норм тушения пожаров на объектах авиационной техники и на кораблях. Показана необходимость широкого внедрения перспективных установок пожаротушения типа «Пурга».

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, средства пожаротушения, объекты транспорта.

## THE NORMS OF "DANGEROUS" SECURITY

*Kuprin Gennadiy N. – Ph.D., General Director of NGO "SOPOT", Vice-President of VANCB, academic NOP*

*Abstract.* The problems of applying existing norms of suppression of fires in the aircraft and on ships. The necessity of the widespread introduction of promising sprinkler type "Blizzard"

*Keywords:* fire safety, firefighting, and transport facilities

До появления на отечественном рынке установок тушения пожаров самолетов (УТПС), позднее получивших торговое наименование УКТП «Пурга», приоритет в области формирования требований к проектированию систем пенотушения на судах, аэродромах, вертодромах и вертопалубах принадлежал США, в частности фирме 3М, разработавшей в 70-80-х годах эффективное огнетушащее средство под названием «лёгкая вода» (Aqueous film forming foam AFFF). При поддержке конгресса США это средство было активно продвинуто практически во всех странах мира и внедрено на промышленных объектах, а также военно-воздушных, военно-морских сил, на суше и на море, на объектах топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Необходимость применения этого средства вошла в различного рода рекомендации, требования вплоть до таких, как руководства Международной организации гражданской авиации (ИКАО), резолюция Международной морской организации (ИМО), Международный кодекс по системам пожарной безопасности и практически без каких-либо корректировок в требования Правил классификации и постройки морских судов Российского морского регистра судоходства (РМРС).

При этом, несмотря на то, что на практике реальная огнетушащая эффективность этого средства пожаротушения оказалась значительно ниже заявленной и широко рекламируемой; и на принятые Организацией объединённых наций и Европейской конвенцией в последние 5-10 лет решения об ограничении применения огнетушащих средств типа AFFF, в правилах, требованиях и рекомендациях никаких изменений практически не произошло. Отсутствие реакции специалистов на необходимость срочного пересмотра концепции противопожарной защиты особо пожароопасных объектов, особенно связанных с обороной государства, имеет порочную тенденцию к занижению требований к системам, обеспечивающим живучесть объектов. Внедрение средств сомнительной эффективности, даже если они рекомендованы международными нормами и правилами, может нанести непоправимый удар по обороноспособности страны в целом.

В последние годы ряд проектных судостроительных организаций при поддержке ЦКБ «Балтсудопроект» провели тендеры на системы пожаротушения морских судов, ледоколов, катеров и даже судов Военно-морского флота России с техническими требованиями, из которых чётко прослеживалась необходимость поставки систем пенотушения палуб морских судов и вертолётных площадок на них с параметрами, соответствующими шведско-норвежско-польскому оборудованию, в частности фирмы FFS. При этом, как правило, тендеры выигрывала именно эта фирма, даже не смотря на то, что у российских производителей имеются системы с параметрами в несколько раз превышающими возможности норвежского оборудования по огнетушащей эффективности.

Такая тенденция сохранилась даже при формировании исходных технических требований для причального комплекса с вертолётной площадкой на Москве-реке. Из анализа основного назначения комплекса следует, что кроме обеспечения швартовки и стоянки судов, предусматривается взлёт и посадка вертолётов типа Ми-8 и, возможно, других типов. При этом система пенотушения запроектирована, на наш взгляд, с допущением грубейших концептуальных ошибок, не смотря на то, что за основу проектирования приняты Правила Морского регистра (том 3, часть XVII, раздел 6.4.) и требования Руководства по вертодромам ИКАО (раздел 6.10).

Основными недостатками ИТТ являются: ошибочно принятое решение по расчётному количеству лафетных стволов: принят всего один лафетный ствол, даже не смотря на требования п.6.8.3. Руководства по вертодромам ИКАО и Требования ИМО п.6.10. Анализ развития пожаров на вертолётах показывает, что при начавшемся пожаре на вертопалубе или вертодроме, например, при грубой посадке вертолёта, возникшее в результате загорания разлившегося топлива пламя оплавляет (прожигает) корпус фюзеляжа в течение 10-15 секунд. Причиной мгновенного послеаварийного пожара вертолёта является, прежде всего, наличие на его борту достаточно большого количества легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, легкоплавких и горючих конструкционных материалов самого вертолёта и перевозимого груза, сосудов и оборудования под высоким давлением (стойки шасси, воздушные и кислородные баллоны и даже огнетушители). А также отсутствие эффективных средств пожаротушения или неправильное расположение их в районе вертолётной площадки: использование, например, одного лафетного ствола вместо требуемых (необходимых) двух-трёх, т.к. вынужденная подача пенных струй против ветра практически приводит к нулевой эффективности систем и процесса пожаротушения.

Таким образом, при реализации проектов по вышеупомянутым ТТ, не смотря на ссылки авторов проекта на Требования ИКАО, вертолёт типа Ми-8 на проектируемом причале в г. Москве при начавшемся пожаре сгорит через 40-50 с. А если следовать также Правилам Морского регистра (том 3, часть VII, раздел 6.4.), то вертолёт типа Ми-8 на площадке сгорит ещё раньше, т.е. уже на 30-40-й секунде, так как, согласно п. 6.4.12 Правил РМРС, «подача пены при минимальной интенсивности подачи должна начаться в течение 30с после включения в действие системы пенотушения».

Таким образом, действующие правила допускают, что в процессе развития пожара, вплоть до 30-ой секунды, возможно прямое воздействие пламени (например, разлитого топлива) на тонкостенную конструкцию фюзеляжа вертолота, что категорически нельзя допустить по вышеупомянутым причинам (и по подтверждённым десятки раз результатам натурных огневых испытаний и по данным реальных послеаварийных пожаров, неоднократно случавшихся на практике).

Проектанты российских судостроительных компаний не обращают внимания даже на предупреждения специалистов-разработчиков Требования ИКАО о необходимости проведения специальных испытаний, результаты которых могли бы быть положены в основу проектирования систем ППЗ вертолётных площадок.

Группа экспертов ИКАО, в частности, ссылается на отсутствие достаточного количества информации по опыту борьбы с пожарами, и поэтому они рекомендуют проводить натурные испытания по динамике развития и тушения пожаров, в частности, на вертолётках. Допуская некоторое ослабление (снижение) требований быстродействия систем пенотушения, проектанты, в то же время, не обращают внимания на новое современное требование, включенное в Правила РМРС (см. Часть 6, п.3.7), предписывающее при возникновении пожара применять «установки, подающие одновременно пену низкой и средней кратности». Это действительно один из современных и самых эффективных способов тушения пожаров на авиационной технике, применяющийся уже более 20 лет оперативными подразделениями МЧС России на различных объектах, но почему-то игнорируемый большинством проектантов судостроения.

Ряд специалистов, а в след за ними и проектанты, к сожалению, проходят и мимо таких вещей, как несовместимость огнетушащих веществ с горящими веществами, к примеру, рядом руководств ВМФ при тушении пожаров в ангарах, на полётных и открытых палубах предлагается (см. стр. 323, раздел 14.8.3. «Живучесть корабля» под редакцией профессора В.А. Коковина издательство Российской инженерной академии (Военно-морского инженерного института) при тушении пожаров в ангарах применять распылённую воду, а при тушении пожаров летательных аппаратов применять одновременно и пену и воду, что категорически нельзя делать, так как в первом случае (в ангаре в случае пожара разлитого топлива) вода будет способствовать растеканию горячей жидкости и развитию пожара, а во втором случае (при совместном применении воды и пены) вода будет интенсивно разрушать пену.

При тушении пожара на открытой палубе авторы упомянутой монографии предлагают осуществить манёвр кораблём (чтобы огонь относилось за борт) и также применить не менее 3 стволов компактных струй воды, произвести локализацию очага при помощи водяной завесы и ни слова не говорят о том, что, в случае появления на палубе разлитого топлива, вода будет способствовать распространению пожара, а при наличии на палубе вертолётки, последний благополучно сгорит, так как водой практически невозможно добиться эффекта пожаротушения.

Ещё бóльшую опасность представляют собой вертолётки военной и военно-морской авиации, поскольку они могут содержать на борту вооружение, боеприпасы и прочее, поведение которых при послеаварийном пожаре практически непредсказуемо.

Исследования динамики развития послеаварийных пожаров авиационной техники на земле, проведённые автором данной статьи под руководством профессора Абдурагимова И.М. на базе ВВС Министерства обороны и Министерства гражданской авиации с участием ВИПТШ МВД СССР, показали, что время полного наступления условий, критических для жизни экипажа и пассажиров, находящихся внутри вертолётки, наступает уже в начале 1-ой минуты с момента возникновения послеаварийного пожара вертолётки.

Повышенная опасность воздействия опасных факторов пожара обуславливает предъявление специфических требований к системам противопожарной защиты и пожаротушения вертолётных площадок (вертопалуб), мест штатной посадки вертолётков различных типов и назначений.

Главным критерием эффективности систем противопожарной защиты вертолётных площадок должно стать быстродействие системы активного подавления горения пламени и создание условий для безопасной эвакуации людей из потерпевшей катастрофу (аварию) авиационной техники (вертолётки).

Разработчики исходных требований к системам пожаротушения на вертолётных площадках не учитывают направление и скорость ветра, а также возможность быстрого развития пожара, возникающего не только вследствие ошибок экипажа при посадке

(взлёте) вертолѐта или по причине конструктивных недостатков, но и не учитывают большой вероятности воздействия террористических актов.

Разработчики допускают ошибку при расчѐте площади возможного пожара, ссылаясь при этом на Рекомендации ИКАО или ИМО, при этом за расчѐтную площадь принимают только площадь в пределах так называемой «критической зоны». Т.е. зоны, прилегающей к вертолѐту, в целях временного сохранения целостности фюзеляжа и обеспечения зоны для эвакуации лиц, находящихся на борту. При этом, размер «критической зоны» предлагают определять как

$$l(w + w_l),$$

где  $l$  – средняя длина фюзеляжа,  $w$  – средняя ширина фюзеляжа,  $w_l$  – дополнительная ширина опасной зоны. При этом, не рассматривается вопрос о необходимости пожарной защиты (тушения пожара) самого фюзеляжа, т.е. не учитывается площадь его поверхности.

Интенсивность подачи водо-пенных средств, принятая ИКАО для тушения вертолѐтов, составляет  $0,09 \text{ л}/(\text{м}^2\text{с})$ , что ниже, чем даже для самолѐтов, огнестойкость которых гораздо выше, чем у вертолѐтов. Для тушения авиационной техники ИКАО рекомендует, кстати,  $0,14 \text{ л}/(\text{м}^2\text{с})$ , учитывая, что у вертолѐтов прогорание обшивки фюзеляжа происходит в 2-3 раза быстрее, чем на самолѐте. Поэтому, интенсивность подачи водо-пенных средств при тушении послеаварийного пожара вертолѐта должна быть не ниже, чем при тушении самолѐта, а в 2-3 раза выше, т.е. не менее  $0,14 \text{ л}/(\text{м}^2\text{с})$ .

Инженерная логика проектировщика должна подсказать, что тушение пожара на вертолѐте должно быть осуществлено за время не более 0,5 – 1 минуты, а, следовательно, в исходные технические требования должны быть заложены параметры более эффективных современных огнетушащих средств. В том числе с учётом той информации, что сегодня практически все страны мира отказываются от применения фторсодержащих огнетушащих веществ типа АFFF, включая их разработчиков (фирма «3М», США), кроме российских, продолжающих по инерции закупать из-за рубежа сырьѐ для производства сомнительного по огнетушащей эффективности и экологически грязного средства типа АFFF.

Авторы ИТТ по разработке систем пенотушения российских кораблей, в том числе ВМФ, по-прежнему рекомендуют использовать неэффективные, устаревшие образцы генераторов пены средней кратности типа ГПС-600, обладающие незначительной дальностью и даже не отвечающие самим требованиям ИТТ, так как эти стволы никогда не давали и из-за своих конструктивных особенностей не могут дать требуемую согласно ИТТ кратность 100. Дальность подачи пенной струи этих пеногенераторов не более 6-8м, производительность по расходу пенообразующего раствора - 6 л/с. и разработаны они более 40–50 лет тому назад. И давно признаны неэффективными для тушения пожаров ЛВЖ–ГЖ всеми специалистами пожарной охраны.

Настойчивость авторов ИТТ в применении этого типа генераторов, вероятно, связана с тем, что данное решение одобрено специалистами ЦКБ «Балтсудопроект» и «освящено» профессорско-преподавательским составом монографии «Живучесть корабля» (стр.357, Приложение 5), где такие средства, как ГПС-600, УППС-100, УППС-200 и другие названы в числе «современных и наиболее эффективных, выпускаемых отечественной промышленностью и принятых на снабжение ВМФ».

Это не соответствует действительности, как не соответствует действительности даже тот факт, что необходимо согласно Требованиям ИКАО применять только пены низкой кратности: кратность 12:1, как предписано Международным кодексом по системам пожарной безопасности п.2.3. Так как по эффективности данные пены, особенно полученные на основе протеиновых или синтетических углеводородных пенообразова-

телей, не в состоянии при рекомендованных ИКАО интенсивностях подачи потушить пожар авиационного топлива на вертолётной площадке даже размером 300-400 м<sup>2</sup>, не говоря уже о бóльших площадях пожара.

Это доказано не только натурными огневыми испытаниями, проведёнными нами в ГНИКИ ВВС, а также на базе и с участием Министерства гражданской авиации (ГосНИИГА) в 80-90-х годах. Доказано это также многочисленными катастрофами и пожарами на авианесущих кораблях США – головного разработчика огнетушащего вещества типа AFFF, которое применялось при тушении пожаров на авианосцах «Нимиц», «Индепенденс», «Энтерпрайз», «Форрестол», «Саратога» и др. Следует отметить, что ни один из пожаров авиационной техники на этих кораблях не был своевременно ликвидирован.

Совершенно недопустимо, что разработчики исходных требований к системам пенотушения вертолётных площадок, особенно для объекта типа причального комплекса на Москве-реке, не учитывают не только отрицательную статистику применения огнетушащих средств и правила, разработанные на основании требований ИКАО, ИМО, РМРС, но даже требования и правила, разработанные ФГБУ ВНИИПО МЧС которые разработаны с учётом современных требований и практики борьбы с пожарами на авиационной технике, внесённые Техническим комитетом по стандартизации ТК 274 СП 136.13130.2012г., под видом того, что эти правила не распространяются на вертопалубы.

Игнорирование современных требований пожаровзрывозащиты вертодромов, вертопалуб или вертолётных площадок на причальных комплексах приводит к досадным последствиям. Например, к случаю, произошедшему в г. Хабаровске 04.07.2014 года, при котором на аэродроме во время заправки сгорел вертолёт Ми-26, а использование пожарных стволов пожарных автомобилей с пенами низкой кратности не дало результата. То же самое произошло и в аэропорту в г. Геленджике в сентябре 2014 года при аварийной посадке вертолёта Ми-8, когда тушение также осуществляли только при помощи стволов с пеной кратностью 10:1.

Авторам ИТТ и представителям ЦКБ «Балтсудопроект» хорошо известно, что имеются российские разработки, позволяющие обеспечивать тушение пожаров авиационной техники, в том числе вертолётов, со скоростью 10-15 м<sup>2</sup>/с, т.е. в пределах не более 1 минуты на вертолётной площадке. Современные пеногенераторы комбинированной пеноподачи типа «Пурга» обеспечивают дальность подачи пенной струи до 40 –50 м. и более, с расходом пенообразующей жидкости 50 –60 л/с; т.е. по дальности подачи пенной струи и производительности генерируемой пены в 8 –10 раз больше, чем у пресловутых ГПС –600. Что и позволяет тушить пожары ЛВЖ – ГЖ с их помощью с указными выше скоростями тушения (до 15 м<sup>2</sup>/с) и на площадях пожара 2–3 тыс.м<sup>2</sup> и более! Что принципиально невозможно при применении «допотопных» пеногенераторов типа ГПС – 600.

Поэтому вызывает особое удивление игнорирование применения современных разработок Российского пожарно-технического оборудования и Российских пенообразователей в пользу западных разработчиков под эгидой соответствия импортных разработок требованиям международных норм и правил. Тем более что их применение в 2–3 раза эффективнее и 10 –20 раз дешевле импортного.

Хочется надеяться, что вертолётноносец «Мистраль» будет оснащён, а точнее переоснащён, эффективными системами пожаротушения российского производства типа УКТП «Пурга», тем более, что практика их применения показала их высокую огнетушащую эффективность. Монтаж таких систем уже осуществлён на авианосцах «Адмирал Флота Кузнецов», и ряде других объектов стратегического назначения, включая вертолётные взлётно-посадочные площадки спецобъектов.

### Список литературы

1. Гусев В.Г., Ерицов А.М., Куприн Г.Н., Куприн Д.С., Степанов В.Н. Результаты экспериментальных исследований параметров противопожарных заградительных полос при свободном сливе огнетушащей жидкости с вертолёта // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2016. № 2. С. 60-74.
2. Абдурагимов И.М., Куприн Г.Н. Методы, средства и технологии взрывопожаропредотвращения на объектах производства и транспортировки горючих криогенных жидкостей // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2015. № 3. С. 14-25.
3. Абдурагимов И.М., Куприн Г.Н. Нерешенные проблемы пожаровзрывобезопасности энергоресурсов (СУГ и СПГ) как оборотная сторона успехов энергетической стратегии Российской Федерации // Научно-технический журнал «Пожаровзрывобезопасность». 2014. Т. 23. № 4. С. 42-50.

УДК: 519.876.5:343.326

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТА

*Новиков Станислав Сергеевич* – доцент, преподаватель кафедры технического обеспечения и техники Железнодорожных войск Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва, г. Санкт-Петербург

*Ашин Виталий Вячеславович* – главный инспектор оперативного отдела управления (оперативно-планового) Главного управления Железнодорожных войск, г. Санкт-Петербург

*Аннотация.* Рассмотрена имитационная модель, предназначенная для прогнозирования объёмов разрушений железных дорог при возникновении чрезвычайных ситуаций. Приведены структурно-логическая схема имитационной модели и математический аппарат, позволяющие определить объёмы материальных средств для организации восстановительных работ. Данная методика может быть полезна для определения состава и структуры формирований предназначенных для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

*Ключевые слова:* объект, транспорт, чрезвычайная ситуация, восстановительные формирования, моделирование.

## MATHEMATICAL MODELLING OF PRODUCTION CAPABILITIES OF RECOVERY FORMING IN CASE OF MITIGATION OF CONSEQUENCES OF EMERGENCY SITUATIONS ON TRANSPORT OBJECTS

*Novikov Stanislav S.* – Associate Professor, Teacher of Department of Technical Providing and Equipment of Railway Troops of Military Institute (Railway Troops and Military Communications) of Military Academy of Material & Technical Support of Name of the General Of Army A.V. Hrulev, Saint-Petersburg

*Abstract.* In article the simulation model intended for forecasting of amounts of destructions of the railroads in case of emergency situations is considered. The structural and logical scheme of a simulation model and the mathematical device allowing to determine amounts of appliances for the organization of recovery work are provided. This technique can be useful to determination of structure and structure of forming of the extraordinary situations intended for mitigation of consequences.

*Keywords:* object, transport, emergency situation, recovery forming, modeling.

При моделировании последствий чрезвычайных ситуаций необходим детальный учет воздействия природных условий или техногенных факторов на железную дорогу. Адекватное математическое моделирование чрезвычайных ситуаций предполагает наличие методики сбора, обработки и хранения статистических данных. К сожалению, в практике ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций подразделениями и воинскими частями железнодорожных войск до настоящего времени такой установившейся методики нет, а, следовательно, отсутствует как исходная, так и результирующая информация об объемах определенного вида разрушений, возникающих при чрезвычайных ситуациях.

Процесс моделирования ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на сети железных дорог региона имеет целью определить объемы возможных разрушений от воздействия природного или техногенного явления на железную дорогу. Эти данные позволят обосновать объем необходимых запасов материальных средств для ликвидации последствий, их эшелонирование по районам, а также силы и средства воинских частей и подразделений привлекаемых к ликвидации последствий ЧС [1].

Имитационная модель состоит из нескольких блоков, объединенных между собой массивами исходных данных и переменными величинами, получаемыми в ходе расчетов (рисунок).

Блок вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций определяет перечень чрезвычайных ситуаций, характерных для данного региона и вероятности их возникновения, в данном блоке производится селекция события.

Блоком определения относительной безопасности регионов вычисляется вероятность возникновения чрезвычайной ситуации в конкретном регионе с учетом основных показателей: площади, протяженности сети железных дорог, количества проживающего населения, объемов грузовых и пассажирских перевозок.

В блоке вероятной длины ожидаемых разрушений железной дороги определяется влияние чрезвычайной ситуации на сеть железных дорог региона и вычисляется общая длина железных дорог, которые оказались в опасной зоне влияния чрезвычайной ситуации. Математическое ожидание объемов разрушений  $V_{ij}$  железных дорог региона является функцией от общей длины разрушений железных дорог и геолого-метеорологических характеристик региона [2]:

$$V_{ij} = f(L_{\text{чс}j}, GM_j) \rightarrow MO(V_{ij}), \quad (1)$$

где  $L_{\text{чс}j}$  – протяженность возможных разрушений железнодорожной сети региона;  
 $GM_j$  – геолого-метеорологические характеристики региона.

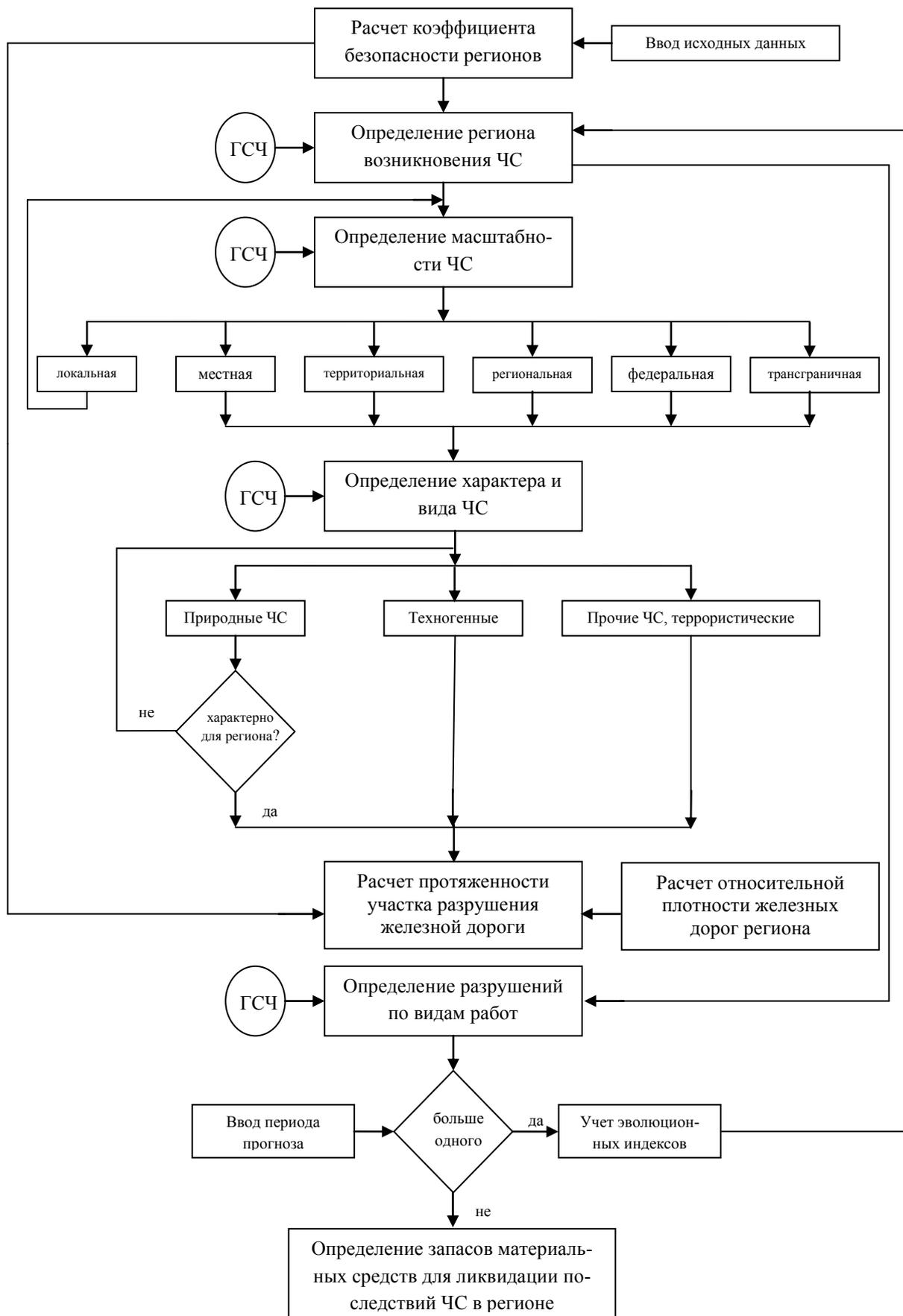


Рисунок – Структурно-логическая схема имитационной модели

Прогнозируемая длина разрушения железнодорожного полотна  $L_{чсj}$  зависит от характеристики безопасности региона, частоты и вида чрезвычайных ситуаций, а также плотности железнодорожной сети региона:

$$L_{чсj} = f(B_j Q_0(t), k, \mu_j), \quad (2)$$

где:  $j$  – регион ( $j=1\dots 9$ );

$B_j$  – коэффициент безопасности региона;

$k$  – вид чрезвычайной ситуации;

$Q_r(\Delta t)$  – вероятность возникновения чрезвычайной ситуации вида  $k$ ;

$\mu_j$  – коэффициент относительной плотности железнодорожной сети региона.

Разрушение от природного явления за любой интервал времени характеризуется только вероятностью наступления данного события. Поэтому определяется вероятность  $Q_0(\Delta t)$  возникновения хотя бы одного природного явления за год в данном районе:

$$Q_0(\Delta t) = 1 - \exp\left(-\frac{n_j^k}{N}\right), \quad (3)$$

где:  $n_j^k$  – число аварийных ситуаций за время  $\Delta T \gg \Delta t$ , в течение которого интенсивность ситуаций остается неизменной.

Суммарное количество чрезвычайных ситуаций  $T_{об}$  в течение времени  $\Delta t$  будет:

$$T_{об} = \sum t_i. \quad (4)$$

Учитывая, что железнодорожные направления связывают густонаселенные участки местности, можно предположить, что вероятность того, что железные дороги окажутся в зоне действия поражающих факторов опасных природных явлений и техногенных объектов будет тем выше, чем выше доля населения, проживающего в опасной зоне и, следовательно, будет большая ожидаемая суммарная протяженность разрушений на железных дорогах [3].

В этом случае, общая длина железных дорог, расположенных на потенциально опасной территории региона, будет определяться отношением:

$$L_{чсj} = \frac{S_{чсj}}{S_j}, \quad (5)$$

где:  $S_{чсj}$  и  $S_j$  – площади потенциально опасных территорий и региона соответственно.

Для конкретной чрезвычайной ситуации, возможная протяженность разрушения выразится формулой:

$$l_{чс}^k = \alpha_{чс} \frac{\pi \times x_{r4}^2 \times L_{ждj}}{4 \times S_j}, \quad (6)$$

где:  $x_4$  – диаметр зоны чрезвычайной ситуации;

$\alpha_{чс}$  – коэффициент, определяемый отношением общей длины разрушенных железных дорог к общей протяженности железных дорог, приходящейся на зону действия поражающих факторов конкретной чрезвычайной ситуации, пришедшей к выводу из строя железных дорог региона.

Общая длина ожидаемых разрушений железных дорог от чрезвычайных ситуаций  $k$ -того вида в регионе определяется следующим образом:

$$L_{чсj}^k = \alpha_{чс} \times l_{чсj}^k \times n_j^k, \quad (7)$$

где:  $n_j^k$  – количество чрезвычайных ситуаций  $k$ -того вида в  $j$ -том регионе.

Общая протяженность всех возможных разрушений железных дорог региона выразится формулой:

$$L_{\text{чс}j} = \sum_{k=1}^k \alpha_{\text{чс}} \left( n_j^k \times \frac{\pi \times x_{k4}^2 \times L_{\text{жд}j}}{4 \times S_j} \right) . \quad (8)$$

Вероятные объемы разрушений железнодорожного пути по видам разрушений вычисляются по формуле:

$$V_{mj} = f(\beta_{mj} \times L_{\text{чс}j}) , \quad (9)$$

где:  $\beta_{mj}$  – коэффициент, определяющий, насколько протяженность конкретных разрушений отличается от всей длины разрушенного железнодорожного полотна.

Для каждого вида разрушений данный коэффициент имеет своё количественное значение. Так, например, объемы разрушений земляного полотна могут отсутствовать, однако, при разрушении призмы её объем не может быть больше длины призмы насыпи или выемки участка железной дороги, подвергшейся разрушению, т.е.  $0 \leq \beta_{mj} \leq 1$ .

Вероятные объемы запасов материальных средств для восстановления разрушенного железнодорожного полотна по видам работ можно определить по формуле [4,5]:

$$V_{mj} = \beta_{mj} \times L_{\text{чс}j} \times N_{mj} , \quad (10)$$

где:  $N_{mj}$  – нормативные расходы материалов для восстановления разрушенного железнодорожного полотна по видам восстановительных работ.

При прогнозировании численности воинских частей, привлекаемых к ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, целесообразно учитывать тяжесть их последствий для сети железных дорог. Железнодорожные войска, как правило, будут привлекаться для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций по 2 и 3 степени разрушения. Но, учитывая, что практически 80% всех чрезвычайных ситуаций на железной дороге относятся к 1-ой степени разрушения, возможно, предположить участие войск и при малой и средней степенях разрушения [6]. Организационно-штатная структура формирования для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций должна быть рассчитана для данного вида и объемов работ [7].

Созданная имитационная модель чрезвычайной ситуации позволяет произвести ранжирование регионов по степеням их безопасности, а также прогнозировать объемы разрушений на железных дорогах и частоту их возникновения. На основании расчетов, исходя из масштабов разрушений и частоты их появления, можно получить требуемые объемы запасов материальных средств для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на железных дорогах по регионам Российской Федерации, а также определить состав и структуру формирования по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

#### *Список литературы*

1. Пилявец О.Г. Применение метода прогнозирования чрезвычайных ситуаций для анализа устойчивости функционирования сети железных дорог // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2015. № 5-6. С. 24-30.
2. Семёнов В.Г., Соболевский Н.М. Статистическое моделирование техногенного риска // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 2001. № 4.

3. Пилявец О.Г. Устойчивое функционирование сети железных дорог в чрезвычайных ситуациях: проблемы и пути их решения // Монография. – СПб.: Изд-во «Лема». 2012. 224 с.

4. Акимов В.А., Потапов Б.В., Радаев Н.Н. Сравнительная оценка безопасности регионов по статистическим данным // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1998. № 8.

5. Козлов К.А., Максимов М.М., Мягков С.М. Параметризация опасных природных процессов и явлений для городов и транспортных коммуникаций // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1998. № 4.

6. Пилявец О.Г. Основные направления обеспечения устойчивого функционирования железнодорожного транспорта в условиях чрезвычайных ситуаций // Мир экономики и права. 2012. № 12. С. 28-37.

7. Восстановительные работы на железных дорогах / Под ред. В.М. Житова, Н.А. Шелудько. – М.: Транспорт. 1993.

УДК 65.01+330.4+519.86

## МОДЕЛЬ СОГЛАСОВАНИЯ ГРАНИЦ ПОЛИГОНОВ УПРАВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

*Еналеев Анвер Касимович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Московского отдела ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*Аннотация.* Рассматриваются математическая модель и исследуется задача согласования границ полигонов между различными видами разбиений транспортной сети. Найдены достаточные условия совпадения границ полигонов для различных разбиений и их оптимальности.

*Ключевые слова:* транспорт, управление движением, управление инфраструктурой, согласование разбиений, сложность полигонов управления, оптимизация, железнодорожная сеть.

## MODEL AGREEMENT BORDERS OF MANAGEMANT POLIGONS AT RAIL

*Enaleev Anver K. – Ph.D., Leading Researcher, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*Abstract.* We consider a mathematical model and study the problem of matching the boundaries between different types of polygons partitions transport network. Sufficient conditions matching polygon boundaries for different partitions and their optimality.

*Keywords:* transport, traffic management, infrastructure management, coordination of partitions, the complexity of polygons management, optimization, railway network.

Реализация вертикально интегрированной отраслевой структуры управления железнодорожным транспортом подразумевает выделение и разграничение видов деятельности и, соответственно, систем управления (по видам деятельности): движением, инфраструктурой, тяговыми ресурсами, региональными корпоративными отношениями, фирменным транспортным обслуживанием. Отметим, что при этом в силу больших размеров и сложности объекта управления используются полигонные технологии

управления, когда железнодорожная сеть разбита на полигоны управления для каждого вида деятельности. Отсюда естественно возникают задачи оптимального или, хотя бы, в виду сложности и большой размерности задачи, в некотором смысле рационального разбиения дорожной сети на полигоны для каждого вида деятельности [1-3]. Другой важной задачей является задача согласования функционирования полигонов и видов деятельности на них. Отсюда вытекает необходимость согласования границ полигонов по разным видам деятельности.

По отношению к этой задаче в [2,4] были сформулированы и содержательно обоснован ряд принципов формирования системы управления железнодорожным транспортом. Так были выделены: *принцип минимума согласований* в работе региональных бизнес-единиц (минимизацию номенклатуры и числа согласований и конфликтов интересов ДИ и ДЦУП); *принцип уполномоченности* (РЦКУ может координировать постоянные связи ДЦУП и ДИ на подведомственной территории); *принцип кратного вложения границ* ДЦУП и ДИ (границы ДЦУП должны совпадать с границами или одного ДИ или объединения ДИ для минимизации номенклатуры и числа согласований и конфликтов интересов ДИ и ДЦУП); *принцип неотделимости инфраструктуры от перевозок* (отделение инфраструктуры от перевозок может приводить к снижению эффективности и безопасности перевозок); *принцип кратного вложения границ* ДЦУП, ДИ и РЦКУ (границы РЦКУ должны совпадать с границами ДЦУП, границы которого, в свою очередь, должны совпадать с границами одного или нескольких ДИ с целью уменьшения затрат на согласование решений соответствующих ведомств).

В связи с вышесказанным необходимо исследование условий, при которых обоснованы принципы кратного вложения полигонов одного вида деятельности в состав полигонов другого вида деятельности, например, полигонов инфраструктуры в составе полигонов управления движением. Определение этих условий предлагается провести на основе анализа следующей математической модели.

**1. Модель.** Рассмотрим сеть  $S$ , состоящую из  $n$  вершин. Предположим, что имеется 2 органа управления различными функциональными видами деятельности на сети, например, перевозками и содержанием инфраструктуры сети. Далее будем называть их органами управления разбиением (ОУР). Для каждого из ОУР необходимо разбить сеть на полигоны управления. Пусть  $g^1$  – разбиение сети  $S$  первым ОУР на  $N^1$  полигонов первого вида ( $i = 1, \dots, N^1$ ),  $g^2$  – разбиение сети  $S$  вторым ОУР на  $N^2$  полигонов второго вида.

Положим, что каждое разбиение на полигоны удовлетворяет условиям  $\bigcup_{i=1}^{N^m} g_i^m = S$

и  $g_i^m \cap g_j^m = \emptyset$ , где  $i$  и  $j$  номера полигонов,  $i \neq j$ ,  $m$  – номер вида разбиения,  $m = 1, 2$ . Границы разбиений проходят через вершины сети. Предположим, что в каждой вершине рассматриваемой сети имеется ребро, представляющее собой петлю. При этом для каждого типа разбиения петля, соответствующая вершине, через которую проходит граница, может относиться только к одному полигону соответствующего типа.

Для каждой вершины и ребра сети заданы показатели сложности соответствующие каждому ОУР, т. е. виду разбиения сети. Обозначим  $l_{ij}^m$  показатели сложности ребра  $(i, j)$  в данной сети для каждого  $m$ -го вида разбиения (пример формул для расчета сложности дуг и вершин приведен в работах [2,5]). Положим, что  $l_{ij}^m = l_{ji}^m$ . Сложность  $i$ -й вершины сети ( $i = 1, \dots, n$ ) для разбиения  $m$ -го вида определяется как  $w_i^m = l_{ii}^m$ , где  $l_{ii}^m$  – сложность петли, соответствующей  $i$ -й вершине,  $m = 1, 2$ .

Обозначим  $Q_{k^m}^m$  множество ребер  $(i, j)$  полигона с номером  $k^m$  для  $m$ -го вида разбиения. Определим сложность управления  $k^m$ -м полигоном. Примем что, сложность управления полигоном складывается из сложности управления элементами («ребрами») этого полигона и сложностей согласования работ с полигонами других разбиений, имеющих общие элементы сети с  $k^m$ -м полигоном.

Первую составляющую сложности управления полигоном определим в виде  $L^m(Q_{k^m}^m) = \Lambda^m(\sum_{(i,j) \in Q_{k^m}^m} l_{ij}^m)$ , где  $\Lambda^m(\cdot)$  – заданные выпуклые, неубывающие функции

(сложность управления полигоном возрастает (не убывает) с увеличением его «масштаба»).

Вторую составляющую, сложность согласования работ  $k^m$ -го полигона  $m$ -го типа разбиения со всеми полигонами всех имеющихся типов разбиений, обозначим  $Z_{k^m}^m(Q_{k^m}^m, \bar{Q}^{-m})$ .

Здесь  $\bar{Q}^{-m} = \{\hat{Q}^1, \dots, \hat{Q}^{m-1}, \hat{Q}^{m+1}, \dots, \hat{Q}^M\}$  – совокупность всех типов разбиений, кроме  $m$ -го типа, разделенная на группы по типам разбиений  $\hat{Q}^p$ .

Набор (группа)  $\hat{Q}^p = \{Q_1^p, \dots, Q_{N^p}^p\}$  определяет  $p$ -й тип разбиения  $g^p$ ;  $Q_i^p$  представляет собой совокупность ребер  $i$ -го полигона в  $p$ -м типе разбиения, где  $p = 1, 2$ .

Далее тип разбиения  $g^p$  будем отождествлять с совокупностью  $\hat{Q}^p = \{Q_1^p, \dots, Q_{N^p}^p\}$ .

Для описания сложности согласования работ полигона  $k^m$   $m$ -го типа разбиения с остальными полигонами  $Z_{k^m}^m(Q_{k^m}^m, \bar{Q}^{-m})$  примем, что она складывается из сложности согласования работ  $z_{k^m k^p}^{mp} = z_{k^m k^p}(Q_{k^m}^m, Q_{k^p}^p)$  полигона  $k^m$   $m$ -го типа с полигоном  $k^p$   $p$ -го типа.

Положим, что функция сложности согласования  $z_{k^m k^p}^{mp} = z_{k^m k^p}(Q_{k^m}^m, Q_{k^p}^p)$  полигона  $m$ -го типа с номером  $k^m$  с полигоном  $k$   $p$ -го типа обладает следующими свойствами:

– для случаев, когда полигоны с номерами  $k^m$  и  $k^p$  не пересекаются, сложность согласования этих полигонов равна нулю, считается, что в этом случае нет оснований для согласования работ;

–  $z_{k^m k^p}^{mp}(Q_{k^m}^m, Q_{k^p}^p) > z_{k^m k^m}^{mp}(Q_{k^m}^m, Q_{k^m}^m) = 0$  при условии  $Q_{k^m}^m \cap Q_{k^p}^p \neq \emptyset$ ;

– в случае «полного» пересечения, когда  $Q_{k^m}^m \cap Q_{k^p}^p = Q_{k^m}^m$ , сложность согласования полигонов не больше по сравнению со случаем неполного пересечения  $Q_{k^m}^m \cap Q_{k^p}^p \neq \emptyset$ , т. е.  $z_{k^m k^p}^{mp}(Q_{k^m}^m, Q_{k^p}^p) \geq z_{k^m k^p}^{mp}(Q_{k^m}^m, \underline{Q}_{k^p}^p)$ .

Последнее свойство отражает тот факт, что в случае совпадения границ полигонов разных типов руководству этих полигонов легче планировать и координировать свои действия, так как отсутствует или, по крайней мере, уменьшается влияние соседних полигонов.

Далее для упрощения примем, что в случае полного пересечения полигонов  $Q_{k^m}^m \cap \underline{Q}_{k^p}^p = Q_{k^m}^m$  затраты на согласование между ними равны 0.

Таким образом, сложность управления  $m$ -м разбиением сети равна

$$\bar{W}^m(\hat{Q}^m, \bar{Q}^{-m}) = \sum_{k^m=1}^{N^m} (L_{k^m}^m(Q_{k^m}^m) + Z_{k^m}^m(Q_{k^m}^m, \bar{Q}^{-m})) = \sum_{k^m=1}^{N^m} [L_{k^m}^m(Q_{k^m}^m) + \sum_{p=1}^M \sum_{k^p=1}^{N^p} z_{k^m k^p}^{mp}(Q_{k^m}^m, Q_{k^p}^p)].$$

Пусть функции полезности для каждого полигона с номером  $k^m$  имеют вид  $f_{k^m}^m(Q_{k^m}^m, \bar{Q}^{-m}) = d_{k^m}^m(Q_{k^m}^m) - L_{k^m}^m(Q_{k^m}^m) - \sum_{p=1}^M \sum_{k^p=1}^{N^p} z_{k^m k^p} z_{k^m k^p}(Q_{k^m}^m, Q_{k^p}^p)$ , где  $d_{k^m}^m(Q_{k^m}^m)$  – заданные функции дохода для соответствующего полигона.

Обозначим

$$h_{k^m}^m(Q_{k^m}^m) = d_{k^m}^m(Q_{k^m}^m) - L_{k^m}^m(Q_{k^m}^m),$$

тогда, полезность разбиения  $m$ -го типа представим как

$$F^m(\hat{Q}^m, \bar{Q}^{-m}) = \sum_{k^m=1}^{N^m} f_{k^m}^m(Q_{k^m}^m, \bar{Q}^{-m}) = H^m(\hat{Q}^m) - Z^m(\hat{Q}^m, \bar{Q}^{-m}),$$

где

$$H^m(\hat{Q}^m) = \sum_{k^m=1}^{N^m} h_{k^m}^m(Q_{k^m}^m),$$

$$Z^m(\hat{Q}^m, \bar{Q}^{-m}) = \sum_{k^m=1}^{N^m} Z_{k^m}^m(Q_{k^m}^m, \bar{Q}^{-m}) = \sum_{p=1}^M \sum_{k^p=1}^{N^p} z_{k^m k^p} z_{k^m k^p}(Q_{k^m}^m, Q_{k^p}^p).$$

Примем, что полезность разбиения  $m$ -го типа определяет целевую функцию  $m$ -го ОУР и целевая функция всей системы отождествляется с функцией полезности первого разбиения.

Представим функционирование описанной системы как игру 2-х лиц на множестве допустимых разбиений, в которой функции полезности игроков имеют вид  $F^m(\bar{Q})$ , стратегия каждого  $m$ -го игрока (т. е. ОУР) заключается в выборе разбиения  $g^m = \{g_i^m\}$  при ограничении на совокупность множеств  $\bar{Q} = \{\hat{Q}^1, \dots, \hat{Q}^M\}$ :  $\bar{Q} \subset \Omega$ , где  $\Omega$  – заданное множество допустимых множеств  $\bar{Q}$ . Задача заключается в исследовании существования и единственности равновесных разбиений различных типов в этой игре и определении условий, при которых границы соответствующих полигонов разных типов разбиений совпадают, а также в нахождении оптимальной системы равновесных разбиений.

**2. Максимальное согласование.** Для простоты анализа предположим, что число полигонов для обоих типов разбиений одинаково, т. е.  $N^1 = N^2 = N$ .

Рассмотрим все выгодные для второго ОУР разбиения  $g^{2*}$ , доставляющие максимум его целевой функции при фиксированном разбиении первого типа  $g^1$ ,

$$\hat{Q}^{2*} \in R^2(\hat{Q}^1) = \text{Arg max}_{\hat{Q}^2 \in \mathbb{Q}} F^2(\hat{Q}^2, \bar{Q}^{-2}) = \text{Arg max}_{\hat{Q}^2 \in \mathbb{Q}} F^2(\hat{Q}^2, \hat{Q}^1) = \text{Arg max}_{\hat{Q}^2 \in \mathbb{Q}} (H^2(\hat{Q}^2) - Z^2(\hat{Q}^2, \hat{Q}^1)).$$

Рассмотрим множество  $P^{12} = \{\hat{Q}^1 \in \mathbb{Q} | F^2(\hat{Q}^2, \hat{Q}^1) \leq F^2(\hat{Q}^1, \hat{Q}^1), \forall \hat{Q}^2 \in \mathbb{Q}\}$  разбиений первого ОУР, которые выгодны для второго ОУР в том смысле, что он заинтересован выбрать свое разбиение таким же:  $\hat{Q}^2 = \hat{Q}^1$ . Множество  $P^{12}$  назовем множеством согласованных разбиений второго типа.

Множество  $T^{12} = \bigcup_{\hat{Q}^1 \in \mathbb{Q}} R^2(\hat{Q}^1)$  обозначает все выгодные для второго ОУР разбиения при всевозможных разбиениях первого типа.

Далее предполагается выполнение условия «благожелательности»: «Если при заданном разбиении  $\hat{Q}^1$  первого типа существует разбиение  $\hat{Q}^2$  такое, что выполняется равенство  $F^2(\hat{Q}^2, \hat{Q}^1) = F^2(\hat{Q}^1, \hat{Q}^1)$ , то второй ОУР между разбиениями  $\hat{Q}^1$  и  $\hat{Q}^2$  выберет  $\hat{Q}^1$ ».

Система разбиений второго типа является *максимально согласованной* [6] с системой разбиения первого типа, если  $T^{12} = P^{12}$ . Максимальная согласованность типов разбиений означает, что множество согласованных разбиений, обеспечивающих совпадение разбиения второго типа с разбиением первого типа, «максимально широкое».

### 3. Достаточные условия максимальной согласованности.

*Утверждение 1.* Для максимальной согласованности разбиения второго типа с разбиением первого типа достаточно выполнения «неравенства треугольника» для функций сложности согласования разбиений второго типа:

$$Z^2(\hat{Q}^2, \hat{Q}^1) \leq Z^2(\hat{Q}^2, \hat{Q}) + Z^2(\hat{Q}, \hat{Q}^1), \text{ для всех } \hat{Q}^2, \hat{Q}^1, \hat{Q} \in \Omega.$$

*Утверждение 2.* Если система разбиений второго типа является максимально согласованной с системой разбиения первого типа, то оптимальное разбиение  $\hat{Q}^{1*}, \hat{Q}^{2*}$  определяется как решение задачи  $K(\hat{Q}^*) = \max_{\hat{Q} \in P^{12}} F^1(\hat{Q}, \bar{Q})$  и  $\hat{Q}^{1*} = \hat{Q}^{2*} = \hat{Q}^*$ .

Приведенные утверждения определяют условия совпадения границ разбиений и их оптимальность.

#### Список литературы

1. Еналеев А.К., Цыганов В.В. Полигоны информационного управления в больших социальных и экономических сетях // Информационные войны. 2013. № 4. С. 62-68.
2. Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработки и экспертиза. – СПб.: ИПТ РАН, 2016. 216 с.
3. Еналеев А.К., Цыганов В.В. Организационные структуры информационного управления крупномасштабными сетями // Информационные войны. 2015. № 4. С. 59–67.
4. Проблемы оптимизации структуры регионального управления движением, инфраструктурой, железнодорожными перевозками / Белый О.В. и др. / В кн.: «Научное обеспечение инновационного развития и повышения эффективности деятельности железнодорожного транспорта: коллективная монография членов и научных партнеров Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» / под ред. Б.М. Лапидуса. – М.: MittelPress, 2014. С. 39–55.
5. Белый О.В., Еналеев А.К., Цыганов В.В. Оценка сложности управления движением // Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе: материалы XLII Международной конференции XII Международной конференции молодых ученых. IT+SE'14. 22 мая - 1 июня 2014 г. Майская сессия. Крым, Ялта-Гурзуф. 2014. С. 158-160.
6. Еналеев А.К. Оптимальность согласованных механизмов функционирования в активных системах // Управление большими системами. 2011. № 33. С. 143-166.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

*Завальнюк Сергей Иванович – кандидат технических наук, профессор  
Рыбицкий Максим Владимирович – старший научный сотрудник,  
Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВС РФ*

*Аннотация. Предлагаемое внедрение программного комплекса ИСАПР, позволит оперативно принимать решения в процессе последовательного уточнения технического решения на восстановление железнодорожных объектов и в дальнейшем может быть задействована в качестве основы для всего процесса выработки решений.*

*Ключевые слова: интеллектуальная система автоматизированного проектирования восстановления железнодорожных станций, экспертная система, система поддержки принятия решений.*

## DESIGN AUTOMATION OF RESTORATION OF THE RAILWAY STATIONS

*Zavalnyk Serg I. – Candidate of technical sciences, Professor  
Rybicki Maxim V. – Leading Researcher  
Institute of system researches of logistics Armed Forces of the Russian Federation*

*Abstract. The proposed implementation of software, ISAPR, will allow us to make decisions in the process of successive refinement of technical solutions for the restoration of railway facilities in the future can be used as the basis for the entire decision-making process.*

*Keywords: intelligent computer-aided design of restoration of the railway stations, expert system, system of decision support*

Современные угрозы военной безопасности государства требуют совершенствования подготовки железнодорожных войск к обеспечению функционирования транспортной системы, в первую очередь, таких барьерных объектов в её составе, как железнодорожные узлы и станции. В подготовке войск, наряду с вопросами организации действий частей и органов управления, выработки решений на выполнение задач по техническому прикрытию и восстановлению, должно уделяться самое пристальное внимание обоснованиям конструктивных и технологических решений, разработке проектных соображений и проектов восстановления отдельных пунктов.

Своевременная, качественная и полная разработка проектных решений в условиях увеличения объёмов исходной информации, жёстких требований к срокам проектирования, уменьшения численности квалифицированных специалистов-проектировщиков невозможна без ориентированного на предметную область восстановления станций, активного и всеобъемлющего применения современных информационных технологий.

Традиционной информационной технологией, применяемой в процессе проектирования восстановления разрушенного объекта на железной дороге для создания схемы его восстановления из типовых элементов с учётом конструкции и состояния до разрушения, а также расчёта основной информации по объекту (потребности материалов и конструкций), является система автоматизированного проектирования (САПР). Наиболее полно развита САПР проектирования

восстановления временных и краткосрочных железнодорожных мостов и переправ (САПР-ВМ) [1-4]. Подходы к созданию САПР проектирования восстановления железнодорожных станций рассматривались более пятнадцати лет назад [5].

За прошедшее время произошли значительные изменения, как в теории и практике восстановления железнодорожных отдельных пунктов, так и в развитии информационных технологий. Есть необходимость в рассмотрении возможности использования современных автоматизированных систем проектирования в предметной области восстановления железных дорог.

Следует иметь в виду, что применяемые в железнодорожных войсках проектные и обосновывающие документы вместе с конструкцией объектов (военных мостов и переправ, отдельных пунктов) включают в свой состав и организационно-технологические решения.

Использование САПР для решения лишь одной специализированной задачи конструирования из типовых элементов восстановления железнодорожных станций резко снижает эффективность её применения. Задачи в такой постановке относятся к расчётным, и поэтому относительно легко решаются электронно-вычислительной техникой. В то же время сложность подготовки исходных данных для САПР и выработка решения по реализации, предложенного ею проекта, заключается в том, что эти задачи, по большей части, выходят за рамки расчётных. Для решения задач, в которых расчётные алгоритмы не играют главной роли, применяют технологии искусственного интеллекта [6], в частности, экспертные системы (ЭС).

Ранее с целью оптимизации работы автоматизированной системы была исследована возможность использования экспертной компоненты (надстройки) над САПР для выбора конструктивного решения на краткосрочный вид восстановления железнодорожного моста или переправы [4]. Учитывая важность восстановления прерванного движения поездов через разрушенные объекты, следует отметить, что решение задач с применением современных управленческих технологий только в обособленной области выбора и разработки конструкции (проектного решения) не отвечает современным требованиям. Необходимо рассмотреть работу системы в комплексе вместе с компонентами технологии интеллектуальной САПР (ИСАПР) [7] на всех этапах планирования восстановления объекта. Очевидна полезность включения в систему компонент, позволяющих принимать и оформлять организационно-технологические решения (в первую очередь графики работ) и необходимую информацию по основным показателям восстановления и потребности ресурсов (присвоим этому программному блоку рабочее название ОТР). Точки применения ИСАПР достаточно легко определяются на всех этапах, начиная с разработки проектных соображений на восстановление объектов в мирное время, заканчивая разработкой планов восстановления (строительства) объектов после их разрушения.

Необходимо подчеркнуть, что ранее исследовалась совместная работа САПР и ЭС как отдельных программных компонент. Экспертная система передаёт результат своей работы САПР, и на этом заканчивает свою работу. Предлагается расширить взаимодействие путём организации обратной связи (рекурсивного вызова) до получения решения, удовлетворяющего обе системы. Лучшего с точки зрения выбора вида и способа восстановления, а также с точки зрения конструктивной схемы восстановления железнодорожной станции. Принцип последовательного приближения к лучшему результату в определённой мере соответствует итерационному методу решения задач. С включением в единый комплекс программных блоков, разрабатывающих решение по восстановлению отдельного пункта, такую же рекурсивную связь до получения лучшего решения следует организовать между тремя компонентами ИСАПР. Окончательные показатели, по которым утверждается проект восстановления объекта, вырабатываются блоком ОТР. Его предложения, в конечном

итоге, будут утверждаться руководителем восстановительных работ. Таким образом, речь идёт о полной взаимной интеграции трёх компонент.

Современные ИСАПР, применяемые в проектных институтах строительного комплекса и промышленности, имеют в своём составе последовательный ряд процедур, задач, этапов и уровней проектирования. Основой функционирования таких систем является непрерывный сквозной цикл автоматизированного проектирования, начиная с этапа подготовки технического задания и кончая созданием проекта, проходящего экспертизу и утверждаемого заказчиком, и рабочей документации. В таких САПР автоматизируются не только классические задачи проектирования, но и задачи творческие, в частности, поисковое конструирование, структурный синтез и оптимизация. Достигается интенсификация творческой деятельности проектировщиков, повышается качество разрабатываемой документации, снижается риск грубых ошибок, растёт производительность труда.

Необходимо иметь в виду, что объёмы документации, разрабатываемой на проектируемый объект капитального строительства, многократно превышают объёмы документации, необходимой железнодорожным войскам для восстановления объектов. Как показывает опыт современного транспортного строительства, перечень разделов и документов в проектировании ритмично растёт из года в год благодаря деятельности контролирующих органов, в первую очередь, государственного уровня. Вселяет оптимизм тот факт, что в проектировании восстановления станций тенденция увеличения количества (перечня) обязательных обосновывающих и конструкторских документов не прослеживается. Однако выше сказанное не свидетельствует о том, что проектирование восстановления (строительства) железнодорожных объектов значительно легче, чем проектирование объектов капитального строительства. Военным проектировщикам часто приходится решать задачи при недостатке исходных данных, малочисленными коллективами, порой в одиночку, в полевых условиях и в боевой обстановке, а не отделами проектных институтов в полном составе в своих офисах.

Кроме того, сроки разработки, согласования, экспертизы проектной документации для промышленности и строительства достаточно велики, и могут достигать нескольких лет и делиться на ряд этапов (очередей строительства). К примеру, только технологический срок обработки образцов грунтов при инженерно-геологических изысканиях и определения по их результатам несущей способности оснований сооружений достигает трёх месяцев. А для проектирования восстановления отводится до нескольких дней по прогнозируемому характеру и объёмам разрушений и несколько часов (максимум сутки) – по реальным разрушениям (данным технической разведки).

Нельзя забывать, что организационно-технологические документы строительства разрабатываются в гражданском проектно-институте в ограниченном объёме с целью обоснования общей трудоёмкости, сроков строительства и его стоимости (смет). Конкретная организационно-технологическая реализация разработанной рабочей документации в виде графиков, технологических карт, проектов производства работ на объектах и при ведении сложных (особо опасных) видов работ остаётся за строителями (генеральным подрядчиком). Какая строительная организация будет строить объект проектантам в подавляющем большинстве случаев неизвестно. В частях и соединениях железнодорожных войск и проектировщики, и строители (восстановители) хорошо знакомы друг с другом. Да и задача у них общая – обеспечить скорейшее возобновление движения поездов. Поэтому организационно-технологические документы разрабатываются в тесной взаимосвязи авторов проекта и тех, кто будет его осуществлять. Технические решения подбираются под имеющиеся конструкции и материалы, технику и специалистов (подразделения). Это ещё раз

подтверждает необходимость включения в ИСАПР подсистемы разработки документов по организации восстановления. Вариант структуры ИСАПР представлен на рисунке 1.

Понятно, что качественное проектирование небольшой по численности группой в предельно сжатые сроки может быть осуществлено только высококвалифицированными специалистами, обеспеченными современными инструментальными средствами проектирования, в том числе программным комплексом САПР.

Не вызывает сомнения то, что материальной основой, своеобразным фундаментом деятельности путевых частей являются собственно сами железнодорожные пути (перегоны) и отдельные пункты, а цель деятельности – реализация конструктивных (технических) и организационно-технологических решений на их восстановление.

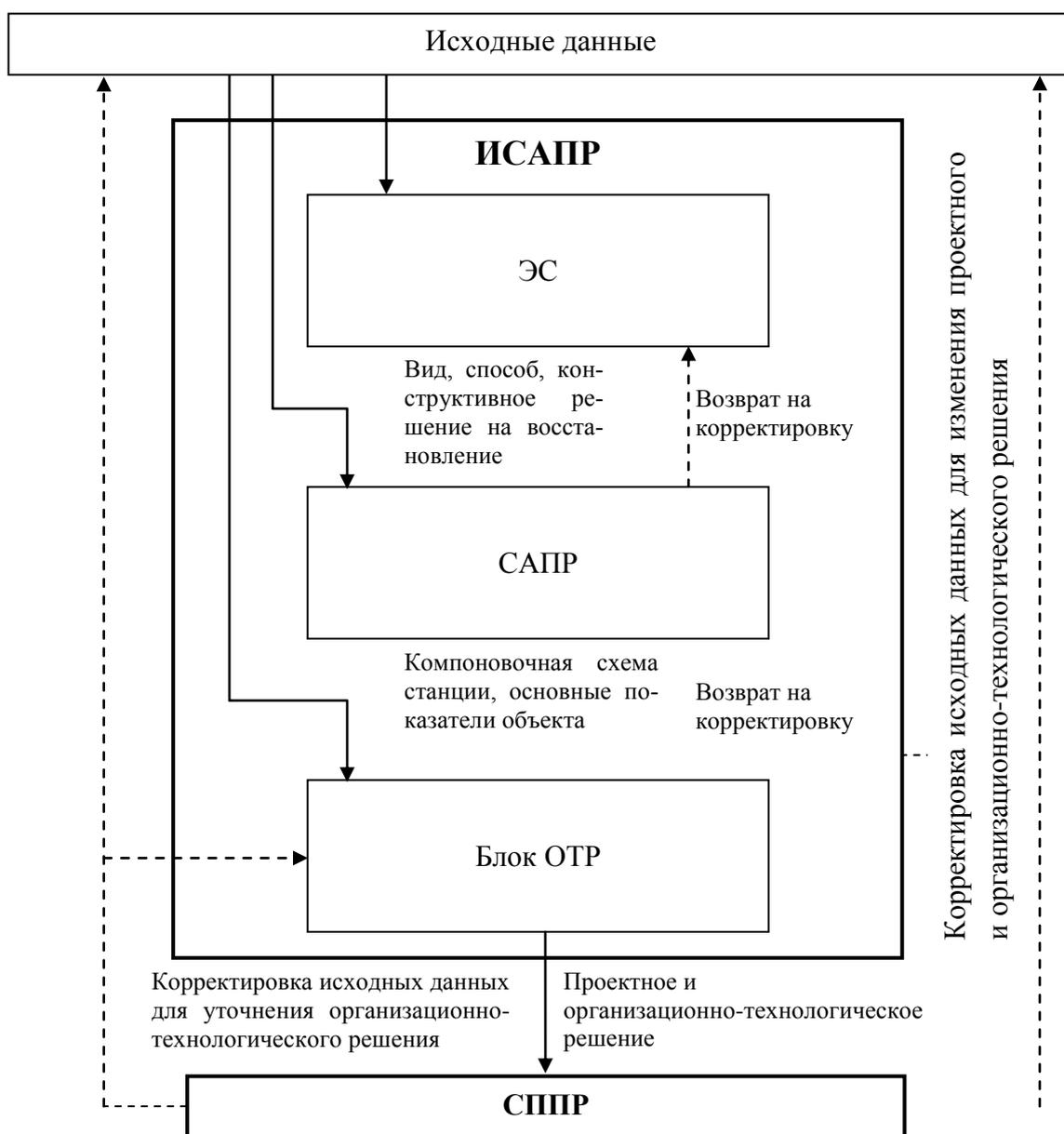


Рисунок 1 – Структура ИСАПР

Поэтому вполне логично предложить цепочку из программного комплекса ИСАПР для этапов планирования (процесса последовательного уточнения технического решения на восстановление) в качестве основы для всего процесса выработки решений на применение путевых частей. Вполне уместна эта система не на одном уровне управления, а на всех уровнях, начиная с военного округа, заканчивая воинской частью, а, в отдельных случаях, и подразделением.

Многоуровневая ИСАПР может стать базисом для системы поддержки принятия решений (СППР), выдавая ей исходную информацию и используя выработанные ею решения как данные для уточнения (продолжения) расчётов и подготовки конструкторских и организационно-технологических решений. Интеллектуальная (экспертная) компонента в этом случае будет связующим звеном между САПР и СППР, причём в обе стороны. Порядок совместной работы СППР и САПР показан на рисунке 2.

Анализ принятых управленческих решений, возможность их применения, степень их соответствия требованиям к восстановлению и создавшимся условиям относятся к области задач, решаемых ЭС. В то же время экспертной системой дополнительно может осуществляться сопряжение конструкторской и управленческой компонент по формату компьютерных данных и полноте и качеству информации в целом

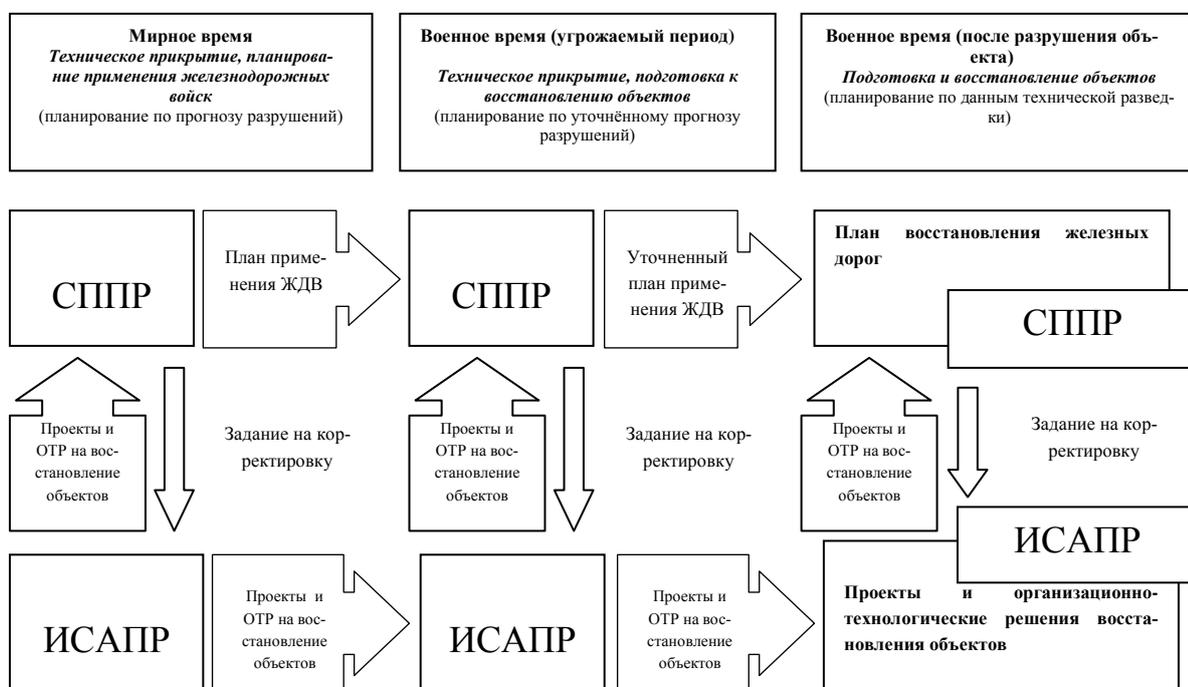


Рисунок 2 – Порядок совместной работы СППР и ИСАПР

Решение задачи создания многоуровневой по этапам планирования и органам управления ИСАПР позволит сократить сроки выработки конструктивных (технических) решений на восстановление железнодорожных станций, повысить их качество, обеспечить своевременное принятие управленческих решений и целенаправленную подготовку частей и подразделений к восстановлению движения поездов через разрушенные объекты.

#### Список литературы

1. Найдёнов Ю.А. Обоснование системы автоматизированного проектирования временных и низководных железнодорожных мостов: Дис. ... канд. техн. наук: 20.01.08 / Найдёнов Юрий Анатольевич. – Л: ВАТТ. 1986. 183 с.

2. Обухов А.П. Обоснование системы автоматизированного проектирования военных наплавных железнодорожных мостов: Дис. ... канд. техн. наук: 20.01.08 / Обухов Алексей Петрович. – Л.: ВАТТ. 1990. 173 с.
3. Колобов Е.С. Обоснование методики автоматизированной выработки конструктивного решения на восстановление железнодорожных мостов по старой оси: Дис. ... канд. техн. наук: 20.01.08 / Колобов Евгений Станиславович. – СПб: ВАТТ. 1994. 266 с.
4. Завальнюк С.И. Методика выбора конструктивного решения на краткосрочное восстановление железнодорожных мостов с использованием экспертной системы: Дис. ... канд. техн. наук: 20.01.08 / Завальнюк Сергей Иванович. – СПб: ВАТТ. 1993. 320 с.
5. Морозов А.М. Методика автоматизированной выработки технических решений на восстановление путевого развития железнодорожных станций: Дис. ... канд. техн. наук: 20.01.08 / Морозов Александр Михайлович. – СПб: ВАТТ. 2000. 315 с.
6. Лорьер Ж.Л. Системы искусственного интеллекта. – М: Мир. 1991. 568 с.
7. Чичварин Н.В. Экспертные компоненты САПР / Чичварин Николай Викторович. – М.: Машиностроение. 1991. 240 с.

УДК: 519.876.5:343.326

## **РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА**

***Пилявец Олег Григорьевич** – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры организации повседневной деятельности и безопасности военной службы Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва*

*Аннотация. Рассматриваются основные задачи транспортной логистики, выполнение которых необходимо в современных экономических условиях. Транспорт представляет собой важное звено логистической системы. Ключевая роль в транспортной логистике отводится выбору перевозчика. Рассмотрен алгоритм и приведена методика выбора перевозчика, которую можно использовать на практике.*

*Ключевые слова: транспортная логистика, железнодорожный транспорт, процесс, риск, транспортная услуга.*

## **DEVELOPMENT OF TRANSPORT LOGISTICS AS BASIS OF STEADY FUNCTIONING OF THE RAILWAY COMPLEX**

*Pilyavets Oleg Gr. – Candidate of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of the Organization of daily activity and safety of military service of Military institute (Railway troops and military communications), Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev, Saint-Petersburg*

*Abstract. the main objectives of transport logistics which performance is necessary in modern economic conditions are considered. Transport represents an important link of logistic system. The key part in transport logistics is assigned to a carrier choice. The algorithm is considered and the carrier choice technique which can be used in practice is given.*

*Keywords: transport logistics, railway transport, process, risk, transport service.*

В настоящее время выделяют шесть видов транспорта: морской, железнодорожный, автомобильный, речной, воздушный и трубопроводный. Виды транспорта подразделяются на водный, наземный и воздушный. Все виды транспорта, кроме трубопроводного, используются для перевозки как грузов, так и пассажиров. У каждого вида транспорта есть своя специфика в отношении его использования для перевозки грузов.

Особенностями железнодорожного транспорта являются:

- высокие материальные затраты при строительстве железных дорог, на эксплуатацию и содержание станционных сооружений;
- наибольшая эффективность в использовании этого вида транспорта достигается при перевозках на расстояние более 200 км;
- относительная дешевизна перевозок (по отношению к автомобильному и воздушному транспорту);
- возможность доставки «от двери до двери» за счет строительства железнодорожных веток и подъездных путей предприятий;
- способность перевозить различные грузы;
- независимость от климатических условий.

Основным критерием выбора того или иного вида транспорта выступает экономическая целесообразность и техническая возможность обеспечить транспортировку конкретного груза в срок и без потерь. Использование различных видов транспорта зависит от многих факторов, наиболее существенными из которых являются: географические и сезонные условия; степень развития инфраструктуры; возможность соблюдения требуемых сроков перевозки и обеспечение сохранности груза в пути; политическая ситуация в регионе и множества других. Значительное влияние на выбор вида транспорта оказывает транспортная характеристика перевозимых грузов – совокупность его физических и химических свойств, определяющих условия и технику перевозки, погрузки, выгрузки, перегрузки, хранения, складирования и т.п. Очень важный критерий – величина провозной платы [1].

В условиях рыночной экономики качество доставки грузов определяется как надёжность услуги, обеспеченной по приемлемой цене. Качество доставки предполагает скорость и регулярность доставки грузов, их сохранность при перевозке, исключение излишних перевозочных операций. С ужесточением требований потребителей к качеству товаров, потребности производителей в своевременной и надёжной доставке повышаются [2,3]. В практике перевозок грузов различают два вида сообщений: смешанное и прямое.

Смешанное сообщение – это перевозка грузов различными или одним видом транспорта, но с перегрузкой. При этом каждый раз при перегрузке груза заключается новый договор перевозки, определяющий отношения сторон по её осуществлению.

Прямое сообщение – это перевозка грузов по одному документу, выполняющему функции договора перевозки, даже если груз перегружался в пути. При перегрузках документ, выполняющий функцию договора перевозки, просто передаётся на следующий вид транспорта и следует с ним до очередной перегрузки или окончания доставки.

Повышение эффективности работы транспортных комплексов тесно связано с двумя основными направлениями: совершенствованием управления процессом доставки грузов и внедрением новых транспортно-технологических систем. Наиболее распространённой тенденцией в организации и осуществлении процесса доставки грузов стало укрупнение грузовых мест путём применения контейнеров.

Важная роль в любой логистической системе отводится тарифу на осуществление определённой услуги [4]. Грузовые тарифы по своей экономической природе являются ценами за выполненную доставку продукции. На железнодорожном транспорте грузовые тарифы принято подразделять по видам, родам отправок и формам построе-

ния. Основным видом договора, используемого при логистических операциях, является договор перевозки. Предметом договора перевозки является перемещение груза.

Железнодорожный транспорт играет исключительно важную роль в развитии экономики государства, так как он обеспечивает нормальное функционирование и развитие всех отраслей, регионов и предприятий. Железные дороги и грузоотправители при систематическом осуществлении перевозок могут заключать долгосрочные договоры об организации перевозок. В договорах перевозок определяются объемы, сроки и условия предоставления транспортных средств и предъявления грузов для перевозки, порядок расчетов, а также другие условия. Перевозки грузов осуществляются грузовой или большой скоростью. Скорость перевозки выбирает и указывает грузоотправитель. Плата за перевозку взимается за кратчайшее расстояние перевозки. Иногда плата за перевозку может взиматься исходя из фактически пройденного расстояния.

Грузоотправители могут предъявлять грузы к перевозке с объявлением их ценности. За объявленную ценность грузов взимаются сборы, указанные в тарифном руководстве. Грузоотправители обязаны подготавливать грузы для перевозок таким образом, чтобы обеспечивать безопасность движения, сохранность грузов, вагонов, контейнеров. Требования к таре и упаковке грузов, качеству перевозимой продукции предусматриваются стандартами, техническими условиями, утвержденными соответствующими государственными органами.

Погрузка грузов в вагоны или контейнеры должна осуществляться исходя из технических норм их загрузки. Размещение и крепление грузов в вагонах и контейнерах осуществляется в соответствии с требованиями технических условий размещения и крепления. Допускается перевозка грузов на открытом подвижном составе. Необходимые для погрузки и крепления материалы, средства пакетирования и иные приспособления предоставляются грузоотправителями. Установка и их снятие осуществляется грузоотправителями или грузополучателями. При предъявлении груза к перевозке грузоотправитель должен предъявить на каждую отправку груза соответствующим образом оформленную транспортную железнодорожную накладную и другие необходимые документы.

Накладная и выданная на её основе грузоотправителю квитанция о приеме груза подтверждают заключение договора перевозки груза. В соответствии с договором перевозки железная дорога обязуется своевременно и в сохранности доставить груз на железнодорожную станцию и выдать груз грузополучателю. Грузоотправитель обязуется оплатить перевозку груза. При предъявлении грузов для перевозки грузоотправитель должен указать в транспортной железнодорожной накладной их массу, а при предъявлении тарных и штучных грузов – количество грузовых мест. Железная дорога оставляет за собой право выборочной проверки груза.

Загруженные вагоны и контейнеры должны быть опломбированы железными дорогами, если грузы погружены железной дорогой, или грузоотправителем, если грузы погружены им. В случае вскрытия вагонов или контейнеров для таможенного досмотра их опломбирование новыми запорно-пломбировочными устройствами проводят таможенные органы.

Вследствие форс-мажорных обстоятельств, препятствующих осуществлению перевозок грузов, погрузка и разгрузка может быть временно прекращена или ограничена начальником железной дороги отправления. Начальник железной дороги устанавливает срок прекращения или ограничения погрузки. Плата за перевозку груза и или иные причитающиеся железной дороге платежи вносятся грузоотправителем, как правило, до момента отправления груза с железнодорожной станции.

Окончательные расчеты, связанные с перевозкой груза, производятся грузополучателями по прибытии груза на станцию назначения. При несвоевременных расчетах взимаются пени или штрафы. Дополнительные выплаты предусмотрены также за пере-

адресовку груза. Дату приема груза для перевозки и дату истечения срока доставки указывает железнодорожная станция отправления в выданной грузоотправителю квитанции о приеме груза. Груз выдается на станции назначения грузополучателю после внесения им оплаты за перевозку груза и иных причитающихся железной дороге платежей. Подтверждением выдачи груза служит подпись грузополучателя в дорожной ведомости.

В организации и осуществлении железнодорожных перевозок во внутреннем сообщении важен вопрос оплаты пользования вагонами и контейнерами, ответственного хранения грузов в случае их не востребоваемости, проверки груза при его выдаче, штрафных санкций за простой транспортных средств, проведения и оплаты очистки вагонов и условий её осуществления.

Датой представления заявки на перевозку грузов является дата её получения перевозчиком. В заявке указывается срок её действия, который не может превышать 45 дней. Заявки на перевозку представляются перевозчику в бумажном виде по почте или нарочным. По договоренности заявка может быть передана по электронной почте или факсимильной связи.

Перевозчик обязан рассмотреть поступившие заявки в течение двух дней. Срок рассмотрения заявки на перевозку грузов исчисляется от даты регистрации её поступления перевозчику. Грузоотправитель отвечает за достоверность сведений, внесённых в их заявку [5]. Согласованная полностью или частично перевозчиком заявка передаётся владельцу инфраструктуры, в распоряжении которого находится станция отправления.

Перевозчик и владелец инфраструктуры имеют право отказать в согласовании заявки в случае:

- отсутствия договора на оказание услуг;
- отказа железных дорог иностранных государств в согласовании заявки на перевозку;
- отказа смежных видов транспорта в согласовании заявки;
- введения ограничений на погрузку или перевозку грузов;
- отсутствия технических и технологических возможностей осуществить перевозку.

Основанием для выделения грузоотправителям вагонов служит наличие заявки на перевозку груза, согласованной перевозчиком и владельцем инфраструктуры, а также согласие (виза) перевозчика на оригинале накладной. О времени подачи грузоотправителям вагонов или контейнеров под погрузку перевозчик уведомляет грузоотправителя за два часа до подачи, с одновременной регистрацией такого уведомления.

Центральное место среди многих логистических процедур принятия решений по транспортировке занимает процедура выбора перевозчика (или нескольких перевозчиков). Часто эта процедура доверяется логистическим менеджером транспортно-экспедиционной фирме, с которой и грузовладельца имеются давние установившиеся деловые отношения. При этом экспедитору задаются определенные характеристики груза, критерии и ограничения [6].

В тех случаях, когда логистический менеджер самостоятельно решает проблему выбора перевозчика, он должен основываться на определенной схеме выбора. Если определен вид транспорта, то должен быть проведен анализ специфического рынка транспортных услуг, на котором действует, как правило, достаточно большое количество перевозчиков, имеющих равную организационно-правовую форму [7-9].

Основными критериями предварительного отбора перевозчиков являются затраты на перевозку груза, надежность времени доставки, сохранность груза при перевозке.

Обычно при выборе перевозчика часто используют специально разработанные ранговые системы показателей:

- надежность времени доставки; затраты (тарифы) на транспортировку;

- общее время доставки;
- готовность (гибкость) перевозчика к изменению тарифов;
- финансовая стабильность перевозчика;
- наличие дополнительного оборудования грузопереработки;
- наличие дополнительных услуг по комплектации и доставке;
- сохранность груза (потери, хищения);
- экспедирование;
- квалификация персонала;
- мониторинг;
- готовность (гибкость) перевозчика к изменению сервиса;
- гибкость маршрутов;
- пакетный сервис;
- процедура заказа;
- качество организации продаж транспортных услуг;
- специальное оборудование.

Схема выбора перевозчика с помощью предлагаемых показателей заключается в сравнении суммарных рейтингов. Предпочтение отдаётся тому перевозчику, у которого суммарный рейтинг выше.

При анализе перевозчиков также важным является учёт экспедиторов, которые за вознаграждение и за счёт грузоотправителей или грузополучателей обязуются выполнить определённые услуги. К таким услугам можно отнести организацию перевозок по маршруту; заключение договора перевозки; обеспечение отправки и получения груза, а также:

- получение и оформление документов для экспорта-импорта грузов;
- выполнение таможенной очистки и других формальностей;
- контроль за состоянием и количеством груза;
- контроль погрузочно-разгрузочных работ;
- уплата пошлин, сборов и других расходов по транспортировке;
- контроль за хранением, складированием, сортировкой грузов;
- оказание информационных, страховых и других услуг.

Таким образом, организация транспортировки в комплексе логистических процедур включает следующие этапы: выбор вида транспортировки (способа или системы доставки грузов); выбор вида (или нескольких видов) транспорта; выбор основных и вспомогательных логистических посредников в транспортировке.

При выполнении логистических процедур при организации перевозки грузов обычно соблюдаются определённые ограничения, которые обусловлены факторами воздействия окружающей среды.

#### *Список литературы*

1. Альбеков А.У., Федько В.П., Митько О.А. Логистика коммерции. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс. 2001. 512 с.
2. Григорьев Ю.П. Использование логистического подхода в моделях переходных процессов в национальной экономике // Проблемы современной экономики. 2010. № 1. С. 271-273.
3. Григорьев Ю.П. Использование логистического подхода в моделях переходных процессов в национальной экономике // Проблемы современной экономики. 2010. № 1. С. 271-273.
4. Бородулина С.А., Логинова Н.А. // Совершенствование технологий менеджмента на рынке транспортных услуг: материалы IX Международной научно-практической конференции. СПб.: СПбГИЭУ. 2010. 488 с.

5. Саркисов С.В. Управление логистикой. Учебное пособие. – М.: Изд-во «Дело». 2004. 366 с.
6. Дегтярева О.И., Полянова Г.Н., Саркисов С.В. Внешнеэкономическая деятельность. – М.: Дело. 1999. 215 с.
7. Ковалов К.Ю., Уваров С.А., Щеглов П.Е. Логистика в розничной торговле. – СПб.: Питер. 2007. 272 с.
8. Курбанов А.Х., Курбанов Т.Х. Методика оперативно-экономической оценки степени соответствия объектов логистической инфраструктуры потребностям организации // Логистика. 2013. № 3. С. 41.
9. Фискевич А.С. Перспективное направление прогнозирования состояния системы материально-технического обеспечения базы хранения вооружения и военной техники (железнодорожных войск) как основа обороноспособности страны // Вопросы оборонной техники. 2016. № 5-6. С. 61-67.

УДК 656.257

## **ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

***Яшин Михаил Геннадьевич** – кандидат технических наук, доцент, докторант Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва, г. Санкт-Петербург*

*Аннотация. Приведены основные задачи и роль Железнодорожных войск в военное время, проблемы, возникающие при восстановлении регулирования движения поездов по участкам железнодорожных направлений, место систем железнодорожной автоматики и телемеханики в обеспечении требуемых объёмов воинских перевозок. Предложен к созданию унифицированный восстановительный комплекс, на базе транспортабельного модуля со смонтированной внутри него аппаратурой железнодорожной автоматики и телемеханики, как средство повышения темпов восстановления прерванного движения поездов.*

*Ключевые слова: восстановление, транспорт, транспортабельный модуль, железнодорожный транспорт*

## **SYSTEMIC ISSUES OF SAFETY OF RAILWAY TRANSPORT SYSTEMS**

*Yashin Michael G. – Candidate of technical sciences, associate professor, doctoral Military Educational Institution of Logistics named after Gntrol of the Army A.V. Khrulev, Saint-Petersburg*

*Abstract. The main task and the role of the Railway Troops in the war, problems arise when restoring control of trains on sections of railway lines, place of railway automation and telemechanics systems to provide the required volume of military traffic. We propose the creation of a unified set of recovery on the basis of a transportable unit with mounted inside the railway automation and telemechanics equipment as a means of increasing the rate of recovery of the interrupted train traffic.*

*Keywords: Recovery, transportation, transportable unit, railway transport*

Опыт Великой Отечественной войны, войны с Японией, локальных войн и военных конфликтов последних десятилетий наглядно показывает, что железнодорожный транспорт был, есть и будет одним из важнейших компонентов оборонного потенциала

страны. Железнодорожным транспортом возможно в короткие сроки перебрасывать на тысячи километров в район боевых действий многочисленные группировки войск, обеспечивать с высокой скоростью на значительные расстояния поставки средств вооружения и боевой техники, перемещать в требуемые районы значительные объемы различных материальных средств (боеприпасов, горючего, продовольствия и др.)

При исследовании вопросов оценки и обеспечения живучести функционирования железнодорожного направления в условиях интенсивного движения поездопотоков, необходимость системного подхода обусловлена:

- влиянием на пропускную и провозную способность железных дорог большого числа разнохарактерных факторов;
- наличием множества участков, отличающихся геометрическими параметрами (план, профиль), протяженностью;
- обслуживаемым видом тяги;
- плотностью потока поездов, числом главных путей;
- наличием множества искусственных сооружений, узловых и технических станций, подъездных путей;
- различной интенсивностью движения поездопотока, скоростями движения;
- факторами окружающей среды (характер и масштабы воздействия различного рода чрезвычайных ситуаций, погодно-климатические условия и др.) (рис. 1).

Мысль о том, что процесс функционирования транспортных коммуникаций следует анализировать и изучать с системных позиций, впервые высказал основоположник системного подхода австрийский ученый Л. Берталанти, который назвал перегруженность дорог транспортными средствами в числе важнейших неотложных проблем, требующих применения системного подхода [1].

Под системой обычно понимают «... совокупность подсистем и элементов, образующих единое целое, единство которых проявляется через взаимодействие направленное на достижение определенной цели» [2,3].

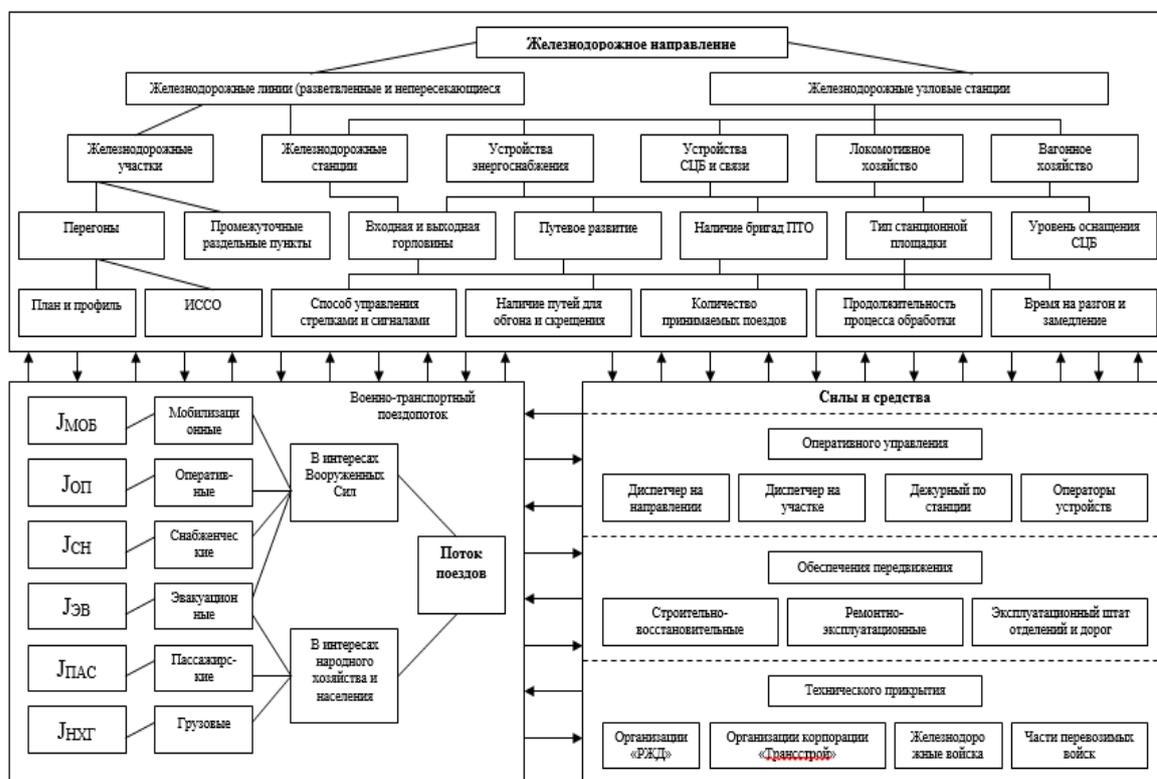


Рисунок 1 – Железнодорожное направление как система

Сущность системного подхода к оценке результатов функционирования железнодорожного направления в различных условиях в современных условиях заключается в выявлении основной деятельности системы, которая должна проявиться в обеспечении высоких целевых конечных результатов, в стремлении предотвратить, преодолеть и скомпенсировать возникающие возмущения, в способности уменьшить последствия воздействия негативных факторов и в экономном расходовании ресурсов. Таким образом, наиболее объективно оценку функционирования системы железнодорожного направления в условиях интенсивного воздействия различного рода разрушений в т.ч. и чрезвычайных ситуаций может и должна дать ее живучесть, которая наиболее полно характеризует степень устойчивости железнодорожного направления.

Из теории системного анализа известно, что устойчивость функционирования такой специфической системы как железнодорожное направление, целиком и полностью определяется живучестью отдельных объектов и устройств, влияющих на выполнение системой своих функций, в условиях проявления различного рода неблагоприятных воздействий. Одно из немаловажных влияний на выполнение железнодорожной транспортной системы своих конечных функций на наш взгляд является устройства и системы организации движения поездов, целью которых является безопасный пропуск поездов с наибольшей пропускной способностью. Другими словами можно сказать, что эффективность железнодорожного транспорта зависит от пропускной и провозной способности железнодорожных участков [4,5]. Для обеспечения заданных размеров перевозок и высокой пропускной способности, а также безопасности движения поездов существуют системы интервального регулирования движение поездов (СИРДП), полноценное функционирование железных дорог без них не возможно. При движении поездов устанавливаются допустимые интервалы их безопасного следования в попутном направлении, и исключается возможность встречного движения поездов по одному и тому же пути.

Комплекс технических средств железнодорожной автоматики принято называть устройствами сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) [6].

На кафедре «Восстановления автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах» Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений) ведётся разработка унифицированного восстановительного комплекса (УВК-ШЧ-ТМ), на базе транспортабельных модулей [7].

Комплекс УВК-ШЧ-ТМ должен соответствовать военно-техническим требованиям, характеризующим специфические свойства конструкции, к которым можно отнести в первую очередь надежность, мобильность, защищённость (стойкость к внешним воздействиям), универсальность и ряд других, определяемых различными качественными и количественными показателями [8,9].

На наш взгляд УВК-ШЧ-ТМ должен представлять собой универсальный передвижной автономный комплекс поста электрической централизации, обеспечивающий:

- выполнение функций автоматизированного рабочего места дежурного по станции (АРМ ДСП);
- сопряжение с напольными объектами (стрелками, сигналами, устройствами контроля свободности рельсовых участков и т.п.);
- увязку с системами интервального регулирования и переездной автоматикой;
- реализацию функций линейного пункта диспетчерской централизации;
- телеинформационный обмен с системами вышестоящего уровня.

Комплекс должен легко адаптироваться к условиям конкретной станции при развертывании на объекте, а также при возникновении оперативных изменений во время эксплуатации при восстановлении. Он обязан удовлетворять общим требованиям, связанным с безопасностью движения поездов, предъявляемым к электрической цен-

трализации стрелок и сигналов в соответствии с Правилами технической эксплуатации железных дорог РФ.

В эпоху переоснащения Российской армии новыми образцами вооружения, военной и специальной техникой, а также средствами восстановления конкурентоспособные отечественные образцы выходят на первый план.

Использование восстановительного комплекса размещённого в кузове-контейнере увеличит возможности Железнодорожных войск по восстановлению (строительству) станционных устройств СЦБ и связи, повысит пропускную способность восстановленных отдельных пунктов в кратчайшие сроки, и тем самым позволит железной дороге выполнить свою сложную стратегическую функцию.

#### *Список литературы*

1. Бергаланфи Л. фон. История и статус общей теории систем. – В кн.: Системные исследования. Ежегодник 1973. – М.: Наука. 1973. С. 20-37.
2. Антонов А.В. Системный анализ. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2006. С. 454.
3. Добкин В.М. Системный анализ в управлении. – М.: Химия 1984. С. 224.
4. Григорьев Б.М., Вуколов С.А., Вороной В.А. и др. Организация восстановления мостов на железных дорогах: Учебное пособие. – СПб.: ВАМТО. 2014. 358 с.
5. Низов А.С., Попов Д.И., Ложечников Г.А. Организация восстановления железных дорог: Учебник. СПб: ВАМТО. 2014. 304 с.
6. Загидуллин Э.З., Карпухин А.Г. Мобильный комплекс МК ЭЦ-ИН [Текст] // Автоматика, связь, информатика. 2009. № 1. С. 32-35.
7. Никитин А.Б., Яшин М.Г., Пантелеев Р.А. Транспортабельные модули электрической централизации как средство восстановления систем управления движением поездов // Автоматика на транспорте. 2015. Том 1. № 2. С. 127-142.
8. Яшин М.Г. Пантелеев Р.А. Восстановление регулирования движения поездов по участкам железнодорожных направлений в условиях военных действий // Транспорт Урала. 2016. № 2. С. 99-104. DOI 10.20291/1815-9400-2016-2-99-104 .
9. Яшин М.Г. Пантелеев Р.А. Восстановление регулирования движения поездов на железных дорогах в современных условиях // Наука и военная безопасность. 2016. № 1 (4). С. 75-82.

УДК 519.816:004.891: 007.51

## **О ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

*Лукомская Ольга Юрьевна – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*Аннотация. Приводятся разработанные структуры интеллектуальной мультимодальной транспортной системы как системы обслуживания запросов и выработки управляющих воздействий и как системы информационной поддержки принятия решений по управлению транспортно-логистическим процессом и формированию транспортно-логистической карты. Рассмотрены модельное обеспечение и схема принятия решений.*

*Ключевые слова: транспортный процесс, интеллектуальная мультимодальная транспортная система, системы информационной поддержки принятия решений.*

# ABOUT THE DESIGN OF INTELLECTUAL MULTIMODAL TRANSPORT SYSTEM

*Lukomsкая Olga Jur'evna – Candidate of Engineering Sciences, associate professor, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*Abstract. Develops the structure of intellectual multimodal transport system as the service requests and generation of control system actions, and how information systems support decision-making on transport and logistics process management and development of transport and logistics map. Considered a model provision and decision tree.*

*Keywords: transport process, the intelligent multi-modal transport system, information decision support system.*

## **Введение**

Передовые интеллектуальные транспортные системы (ИТС) сегодня охватывают такие функции как управление дорожным движением, управление общественным транспортом, управление техническими системами транспортных средств, электронный сбор платежей, управление чрезвычайными ситуациями на транспорте, управление грузами и грузоперевозками, информационное обеспечение участников дорожного движения и кооперативные технологии [1].

Например, программа специализированной дорожной инфраструктуры для безопасности транспортных средств в Европе – Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe (DRIVE) CIMS (Control Intelligent Management System – интеллектуальная система контроля) и ASV (Advanced System of Vehicle – система поддержки процесса управления транспортными средствами (Япония)). Система второго поколения адаптивным управлением дорожного движения (Traffic Responsive Adaptive Control – TRACS). TRACS ИТС STREAMS – интегрированная интеллектуальная транспортная система Австралии.

Последние работы в области свидетельствуют о перспективах серьезной интеграции ИТС с системами организации городской среды, городской и транспортной логистикой, системами транспортного планирования и моделирования транспортных процессов, системами оценки эффективности показателей развития городских и региональных транспортных систем, тем самым открывая дорогу системам более высокого уровня функций интеллектуализации [2].

Интеллектуальная мультимодальная транспортная система (ИМТС) представляет собой новый тип информационно-телекоммуникационной системы, обеспечивающий эффективный контроль и управление (технологическое и административное) внутримодальными и мультимодальными транспортными потоками [3].

Рассмотрим ИМТС, как систему обслуживания запросов и выработки управляющих воздействий (рис. 1), глобальная целевая функция которой – обеспечить функционирование единой транспортной системы РФ на заданном уровне и с учетом имеющихся ресурсов.

В основе любой ИТС позиционируется система информационной поддержки принятия решений, позволяющая решить задачу управления транспортным процессом [4].

Поэтому можно представить структуру ИМТС как структуру системы информационной поддержки принятия решений по управлению транспортно-логистическим процессом и формированию транспортно-логистической карты (рис. 2).

Ядром ИМТС является развитое модельное обеспечение, включающее в себя:

- 1) модели элементов (в т.ч. ресурсов) транспортной сети;
- 2) модели процессов – описание процессов, протекающих в транспортной сети

и во внешней среде;

3) модели среды, описывающие внешние возмущения, воздействующие на транспортные объекты;

4) модели ситуаций – исследование вариантов развития транспортной ситуации при внештатных изменениях состояния элементов транспортной системы, внешней среды, при изменениях в характеристиках потоков информации;

5) модели принятия решений, обеспечивающие анализ ситуации в транспортной структуре и поиск приемлемых управляющих решений для конкретной ситуации;

6) модели данных и знаний, включающие описание: форматов и иерархии элементов и структур данных (знаний); преобразований, выполняемых над элементами и структурами данных; внутренних (представление данных внутри системы) и внешних (для отображения данных во внешнюю среду) форматов данных;

7) модели обслуживания (формирование транспортно-логистической карты) – описание процедур обслуживания запросов и обработку потоков данных и заявок;

8) модели оценки, обеспечивающие оценку состояния элементов транспортной структуры и характеристик процессов, протекающих в ней. К моделям оценки можно отнести модели оценки транспортных потоков, модели оценки качества решений, модели прогнозирования транспортно-логистической карты и транспортной ситуации.



Рисунок 1 – Интеллектуальная мультимодальная транспортная система как система обслуживания запросов и выработки управляющих воздействий

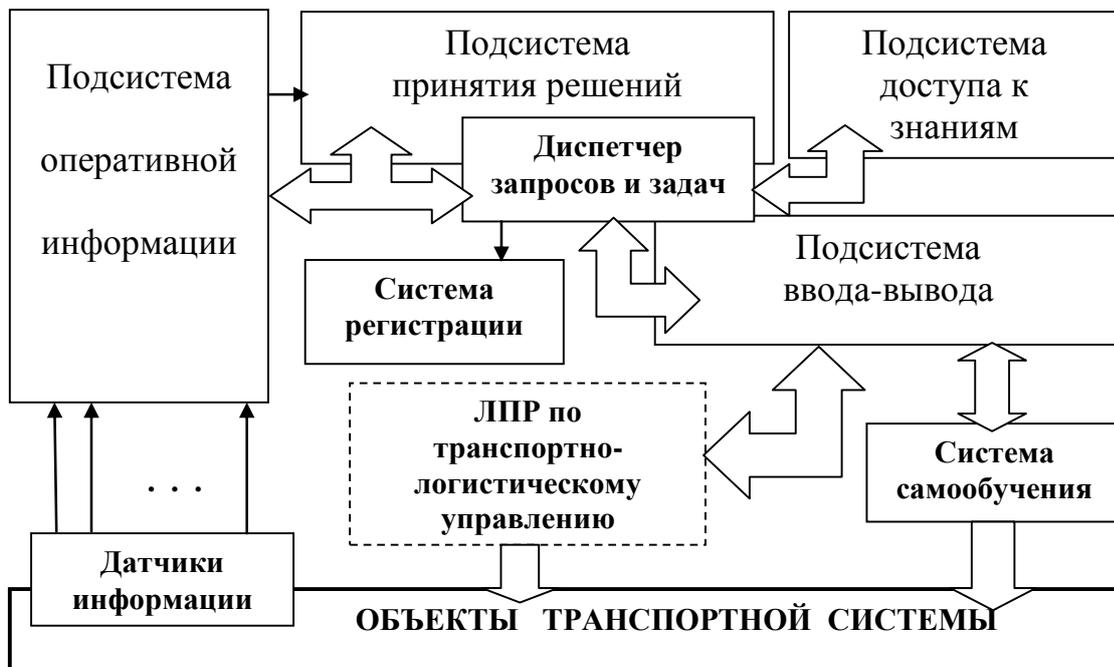


Рисунок 2 – Структура ИМТС

Основным звеном модельного представления ИМТС является модель принятия решений.

Модель принятия решений (МПР) – формальное представление процесса принятия решений. МПР включает в себя:

- 1)  $\Theta$  – описание задачи принятия решений и  $DS = \{ds_1, ds_2, \dots, ds_k\}$  – список сведений (данных и знаний), необходимых для ее решения;
- 2)  $SR$  («Solution Rule») – совокупность правил (методов) решения задачи ПР;
- 3)  $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$  – систему шкал, позволяющую оценить (классифицировать) результаты решения задачи и сформировать заключение о допустимости и оптимальности полученных решений;  $K = \{k_1, k_2, \dots, k_n\}$  – совокупность критериев, используемых для оценки состояния ИМТС и принятия решений;
- 4)  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_q\}$  – систему приоритетов (предпочтений) или иерархию допустимых стратегий управления. Множество  $P$  рассматривается как совокупность представлений, связанных с достоинствами и недостатками принимаемых решений, и формируется как набор некоторых подмножеств  $p_j$  с отношениями предпочтения (множеств критериев, интервалов между оценками допустимых решений определенного вида и т.п.).

Процесс принятия решений, схема которого представлена на рис. 3, предполагает следующие этапы:

- 1) получение оценок состояния ИМТС в форме оценок  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$  в многокритериальном пространстве  $K$  на основе моделей;
- 2) идентификация состояния ИМТС с использованием системы классификаторов и критериев формирования оценок;
- 3) поиск решений, который заключается в формировании множества допустимых решений  $S$ ;
- 4) оптимизация множества допустимых решений  $S_{\text{опт}}$  с учетом ресурсов  $\mathcal{R}(t)$ ;

5) преобразование полученных решений в набор управляющих воздействий и принятие окончательного заключения о допустимости и оптимальности найденного решения.

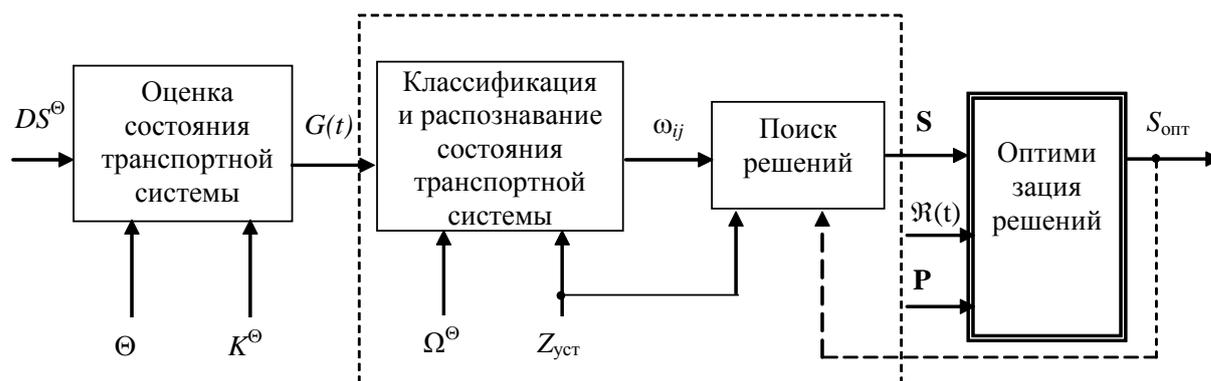


Рисунок 3 – Схема процесса принятия решений

Учитывая сложность и объем обрабатываемой информации в ИМТС, следует особенно тщательно провести разработку приведенного модельного обеспечения в соответствии с транспортными модами.

#### Список литературы

1. Малыгин И.Г. Интеллектуальные системы транспортной безопасности и пути внедрения их в мегаполисах // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2014: материалы Международной научно-практической конференции. 2014. С. 56-63.
2. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А., Лукомская О.Ю. Обзор развития интеллектуальных транспортных систем // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 6. С. 11-19.
3. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ // Информация и космос. 2016. № 3. С. 8-17.
4. Гусев Н.Н., Лукомская О.Ю. О проектировании систем информационной поддержки принятия решений для интеллектуальных транспортных систем // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015: материалы Юбилейной Международной научно-практической конференции, 24-25 ноября 2015 г., Санкт-Петербург, Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН. СПб.: 2015. С. 56-61.

## ТРЕБОВАНИЯ К СТРУКТУРЕ И СОСТАВУ УНИФИЦИРОВАННОГО ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

*Пантелеев Роман Анатольевич – преподаватель кафедры Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений), Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва, г. Санкт-Петербург*

*Аннотация.* Рассматривается железнодорожная станция как система. Для восстановления регулирования движения по станции и выполнения ею своего предназначения предлагается восстановительный комплекс, размещаемый в кузов-контейнере на базе транспортабельного модуля со смонтированной внутри него аппаратурой железнодорожной автоматики и телемеханики, как средство повышения темпов восстановления прерванного движения поездов. К структуре и составу комплекса предъявляются требования с учётом оптимального расходования сил, средств и ресурсов.

*Ключевые слова:* восстановление, требования, транспортабельный модуль, железнодорожный транспорт.

## REQUIREMENTS TO STRUCTURE AND STRUCTURE OF THE UNIFIED REDUCTION COMPLEX OF RAILWAY AUTOMATIC EQUIPMENT AND TELEMECHANICS

*Panteleev Roman A. – Military institute of railway armies and military transport Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev, Saint-Petersburg*

*Abstract.* The railway station as system is considered. For restitution of regulation of movement on the station and realization of the mission it offers the reduction complex placed in a body container on the basis of the transportable module with the equipment of railway automatic equipment and telemechanics mounted in it as means of increase in rates of restitution of the interrupted train service. Requirements taking into account an optimum expenditure of forces, resources and tools are imposed to structure and structure of a complex.

*Keywords:* restitution, requirements, transportable module, railway transport

На протяжении длительного времени, при обосновании свойств сложных объектов и процессов, многие учёные стремились определить сущность термина «системный подход», однако до настоящего времени чёткой формулировки его нет [1]. Существует лишь представление о системном подходе, основывающегося на весьма упрощённых посылах и понятиях, что характерно для начальной фазы любого исследования.

В работе [2] авторы раскрывают смысл понятия «сложная система» и объясняют его содержание. Основное отличие между «простыми» и «сложными» системами заключается в том, что «простые» системы можно изучать как единое целое, а «сложные» системы обязательно требуют структуризации.

Каждая железнодорожная станция представляет собой «сложную» систему глобальной инфраструктуры железнодорожного транспорта, одной из важнейших задач которой является пропускная и провозная способность железнодорожного направления. Станции оснащаются различными техническими элементами в зависимости от

объёма и характера выполняемых операций. Каждый элемент железнодорожной станции в свою очередь, также будет являться «сложной» технической системой (ТС), рисунок 1.

Множество  $A$  элементов системы железнодорожной станции можно описать выражением вида:

$$A = \{\alpha_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

где  $\alpha_i$  –  $i$ -ый элемент системы;  $m$  – число элементов в системе.

Например,  $i = 1$  – путевое развитие;  $i = 2$  – стрелочная горловина станции (СГС); ... ;  $i = 6$  – УВК-ЩЧ-ТМ [3, 4].

Каждый  $\alpha_i$  – элемент системы может характеризоваться « $n$ » конкретными свойствами  $Z_{i1}, Z_{i2}, Z_{i3}, \dots, Z_{ij}, \dots, Z_{in}$ , которые определяют его в данной системе.

Элементы станции как «сложной» системы могут быть не разрушены, разрушены или разрушены частично, работоспособны и неработоспособны и т.п.

Состояние каждого элемента системы в зависимости от различных факторов (времени, пространства, скорости, внешней среды и др.) может изменяться.

Множество  $Q$  связей между элементами  $\alpha_i$  и  $\alpha_j$  можно представить в виде:

$$Q = \{q_{ij}\}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Под структурой ТС принято понимать совокупность прочных (устойчивых) связей и взаимодействий элементов, обеспечивающих целостность системы, т.е. сохранение её основных свойств при различных внутренних и внешних изменениях.

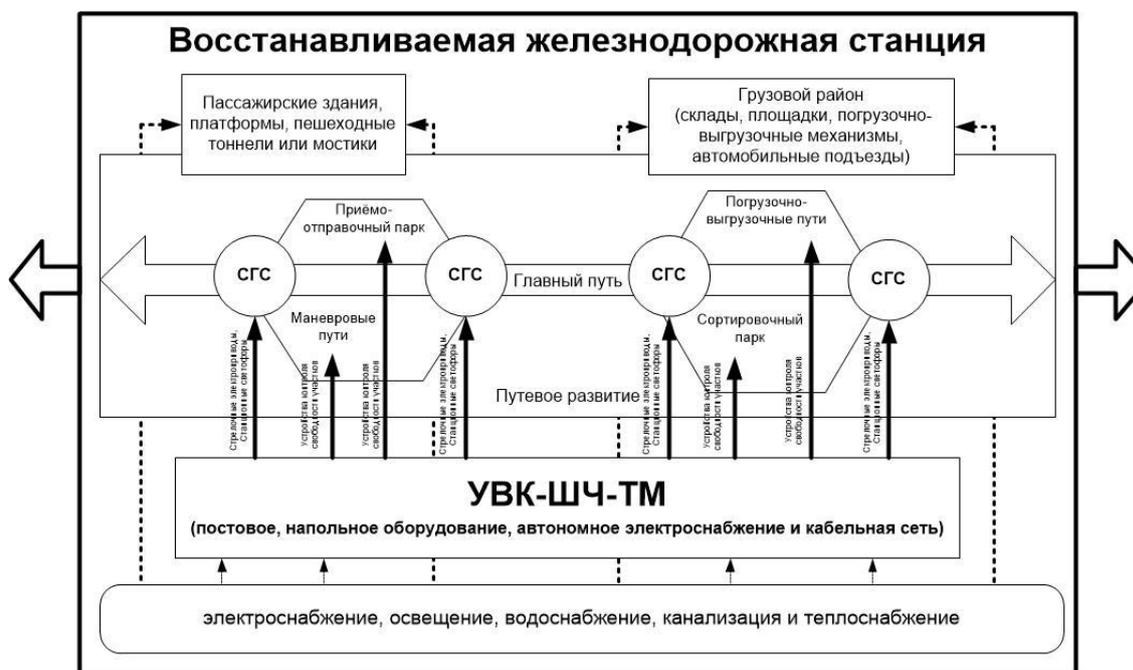


Рисунок 1 – Структурная схема восстанавливаемой железнодорожной станции

Указанную совокупность связей взаимодействий обычно принято изображать в виде структурной схемы. Структурная схема системы УВК-ЩЧ-ТМ представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Структурная схема системы УВК-ЩЧ-ТМ

Основные составные элементы УВК-ЩЧ-ТМ представлены на рисунке 2: пост ЭЦ (устройства управления и контроля, электропитания, средства отображения информации и ведения диалога); напольное оборудование (устройства контроля свободности состояния участков, стрелочные приводы, стационарные светофоры) и устройства управления и контроля (кабельная сеть или радиоканал) и применить выражения (1 и 2).

Построение и анализ структурной схемы системы позволяет отвлечься от конкретной физической природы элементов и узлов реальной системы и, проводя математические преобразования структуры, выявить некоторые общие закономерности, характеризующие свойства исследуемой системы.

Успешное решение задач анализа (определение свойств системы по её структуре и значениям параметров) и синтеза (определения структуры и значений параметров системы по заданным свойствам) сложных систем, как показывает опыт, не может быть обеспечено одними лишь средствами умозрительной оценки поведения систем в различных условиях функционирования [5, 6].

Следуя традиции, установившейся во многих областях науки, используемых для оценки свойств сложной системы, она должна удовлетворять, по крайней мере, следующим трём требованиям [7, 8]:

- представлять собой величину, зависящую от процесса функционирования системы, которая по возможности просто вычисляется, исходя из математического описания системы;
- давать наглядное представление об одном из свойств системы;
- допускать, в пределах возможного, простую приближённую оценку по экспериментальным данным.

Авторы работы [7] в качестве основных характеристик сложных систем предлагают использовать: надёжность, устойчивость, помехозащищённость, эффективность и др.

На наш взгляд, заслуживает внимание принципиальный подход к оценке числовых характеристик сложных технических систем, представленный в работе [6]. В качестве основы исследования и оценки характеристик здесь предлагается структура ТС.

Под надёжностью структуры ТС предлагается понимать способность связей между элементами системы сохранять свойства, необходимые для выполнения заданного назначения ТС при нормальных условиях её эксплуатации в течение требуемого промежутка времени. Она отражает влияние на работоспособность системы главным образом внутрисистемных факторов – случайных отказов техники, вызываемых физико-химическими процессами старения аппаратуры, дефектами технологии её изготовления или ошибками обслуживающего персонала.

В работе [2] наряду с понятием эффективности системы впервые введено понятие эффективности структуры ТС, под которой предлагается понимать способность связей между элементами системы сохранять свойства, необходимые для выполнения заданного назначения ТС при различных внутренних и внешних изменениях.

Как видно из определений, надёжность структуры от эффективности структуры отличается только условиями, в которых обеспечивается устойчивость связей.

В первом случае под нормальными условиями эксплуатации понимаются различные внутренние и внешние изменения, происходящие в системе повседневно и не превышающие некоторых пределов.

Во втором случае система испытывает воздействие самых различных факторов, как чрезвычайные ситуации, воздействия противника в ходе войны и др.

Таким образом, эффективность структуры ТС кроме надёжности включает в себя и живучесть сложных ТС, т.е. является понятием более широким.

Живучесть ТС характеризует устойчивость ТС против действия причин, лежащих вне системы и приводящих к разрушениям или значительным повреждениям некоторой части её элементов – узлов, пунктов, станций, линий связи и др.

Все внесистемные причины можно разделить на два класса: стихийные и преднамеренные. К стихийным факторам относятся такие, как гроза, землетрясение, оползни, разливы рек и др., а к преднамеренным – совершение террористических актов, огневые, в том числе ракетно-ядерные, удары противника в условиях войны, воздействие вражеских диверсионных групп и др.

Профессор И.А. Рябинин предлагает в качестве компонента эффективности структуры ТС считать и её безопасность, т.е. способность системы функционировать, не приходя в критические состояния, угрожающие здоровью и жизни людей или наносящий иной ущерб окружающей среде и другим системам в больших масштабах [9]. В ходе функционирования совместно с напольным оборудованием система воспринимает совокупность управляющих воздействий включающих указания и требования вышестоящей надсистемы, проектные требования и заявки на обеспечение пропускной способности участка (станции) в процессе функционирования.

В системных исследованиях такие воздействия принято называть входным сигналом и обозначать его символом  $X$ . Кроме того, система испытывает возмущающее воздействие  $F$  в виде совокупности факторов, не предусмотренных нормальными условиями жизненного цикла системы.

Для успешного функционирования система требует затрат  $C$ , т.е. совокупности общественных ресурсов (финансовых, производственных, материальных, пространственных, временных и др.). Выделенные ресурсы расходуются на разработку, проектирование, создание и эксплуатацию системы.

Каждой системе под воздействием совокупности факторов присуще определённое внутреннее состояние  $\sigma$ , представляющее совокупность координат, характеризующих состояние её элементов по выполнению их прямого назначения.

На выходе системы имеем результат её функционирования в виде совокупности объективных свойств и выходных параметров, определяющих фактические возможности системы в процессе функционирования.

Совокупность выходных параметров принято обозначать символом  $Y$ .

Взаимодействие совокупности названных здесь векторных характеристик  $(X, F, C, \sigma, Y)$  в общем виде определяет эффективность исследуемой ТС. Составной частью общей эффективности ТС является эффективность функционирования системы, которая не учитывает затрат ресурсов и характеризует только соответствие результата функционирования поставленным целям.

В соответствии с рекомендациями положений системотехники процессы функционирования сложных ТС должны характеризоваться понятиями манёвренности, оперативности, мобильности, автономности, производительности и унифицированности.

Для применения математических моделей и методов исследования эффективности структуры ТС необходимо чётко описать задачу, поставленную перед ней, т.е. однозначно определить заданное назначение системы. Эта чёткость нужна для получения количественной оценки результатов функционирования. В противном случае возможны лишь качественные суждения, субъективные в своей основе.

С точки зрения надёжности всё универсальное множество состояний системы  $\Omega$  на теоретико-множественном языке можно разделить на два непересекающихся подмножества: работоспособных  $A$  и неработоспособных  $B$  состояний.

Граница разделения подмножеств  $A$  и  $B$  зависит от задачи, поставленной перед системой по обеспечению требуемой пропускной способности. Если для описания функций работоспособности системы (ФРС) применить аппарат двузначной алгебры логики [2], то можно однозначно описать указанные области работоспособности системы  $A$  и  $B$ .

Представляется принципиально полезным сохранить тот же язык описания ФРС и для оценки живучести ТС. Тогда области работоспособных  $L$  и отказовых  $D$  состояний системы будут полностью совпадать соответственно с областями  $A$  и  $B$ , т.е.  $D \cap A = \emptyset$  и  $L \cap B = \emptyset$ .

Области безопасных  $S$  и опасных состояний  $F$  в общем случае не совпадают с областями  $A$  и  $B$ , т.е.  $F \cap A \neq \emptyset$  и  $S \cap B \neq \emptyset$ .

Приведённое математическое выражение означает, что опасные состояния  $F$  принципиально возможны не только среди отказовых состояний  $B$  и , но и среди работоспособных состояний  $A$  и  $L$  [2, 9].

Хотя в  $m$  - мерном логическом пространстве ( $m$  – число элементов в системе) подмножества  $A$  и  $L$  совпадают, их отображения на область вероятностей будут различными, т.е.  $P\{A = 1\} \neq P\{L = 1\}$ . Это неравенство обусловлено разной физической природой вероятностей  $P\{A = 1\}$  и  $P\{L = 1\}$ , первая из которых есть функция времени  $P\{A = 1\} = R(t)$  – вероятность безотказной работы системы, вторая – функция числа поражающих воздействий  $P\{L = 1\} = R(n)$  – вероятность неуязвимости системы (условный закон неуязвимости ТС) [2, 9].

Из приведённых рассуждений понятно, что систему можно признать структурно эффективной, если оно находится на множестве состояний  $A \cap L \cap S$ .

Каждая из компонент эффективности структуры (надёжность, живучесть и безотказность) в принципе поддаётся количественной оценке, а их объединение в единый (составной) критерий эффективности (формальным перемножением или суммированием с «весом») является необоснованным и бесполезным [2].

Для правильного принятия решения в интересах обеспечения высокой эффективности структуры разрабатываемой системы необходимо последовательно оценивать её по отдельным критериям и принимать действенные практические меры по каждому критерию.

### Список литературы

1. Теория систем и системный анализ в управлении организациями. Справочник. [Текст] // Под редакцией В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика. 2009. 848 с.
2. Рябинин И.А., Парфенов Ю.М. Надежность и эффективность структуры сложных технических систем. [Текст] // Основные вопросы теории и практики надежности. Минск, «Наука и техника». 1982. С. 25-39.
3. Никитин А.Б., Яшин М.Г., Пантелеев Р.А. Транспортабельные модули электрической централизации как средство восстановления систем управления движения поездов. [Текст] // Автоматика на транспорте. № 2. 2015. С. 127-142.
4. Яшин М.Г., Пантелеев Р.А. Восстановление регулирования движения поездов на железных дорогах в современных условиях. [Текст]. Наука и военная безопасность. – Омск: ОАБИИ. № 1 (4). 2016. С. 75-82.
5. Антонов А.В. Системный анализ. Учеб. для вузов. [Текст] / А.В. Антонов.– М.: Высшая школа. 2004. 454 с.
6. Добкин В.М. Системный анализ в управлении. [Текст] – М.: Химия. 1984. 224 с.
7. Бусленко Н.П., Калашников Н.Н., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем: Учебное пособие. [Текст] – М.: Советское радио. 1973. 441 с.
8. Сложные системы. [Текст] : учеб. пособие для вузов / А.С. Шаракшанэ, И.Г. Железнов, В.А. Ивницкий. – М.: Высшая школа. 1977. 247 с.
9. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. [Текст] – СПб.: Политехника. 2000. 248 с.

УДК 656.658.310.8; 656.001.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

*Маринов Марин Любенов* – кандидат технических наук, Республика Болгария, г. Варна

*Соболевский Александр* – Монреаль, Канада

*Шаталова Наталья Викторовна* – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. Актуальность проблемы влияния человеческого фактора на безопасность транспортной деятельности предопределяется многими обстоятельствами. Для современных руководителей и операторов в сфере транспорта действуют новые правила, новые границы, новые принципы достижения успеха, новые формы организации. На транспорте увеличивается количество рисков систем, где пропорционально степени развития и усложнения техники возрастает влияние человека. Техническое развитие в сфере транспорта сопровождается передачей человеку все большего числа управляющих функций, позволяя ему все больше отдаляться от орудий труда и превращаться из исполняющего в управляющий орган системы производства. В таких условиях, как правило, главным виновником несчастных случаев является не техника, не организация труда, а сам работающий специалист, который по тем или иным причинам не соблюдал правила техники безопасности.

Ключевые слова: человеческий фактор, профессиональное поведение, моделирование, безопасность, эффективность.

## STUDY OF THE INFLUENCE OF MAN AS A CONTROLLED SYSTEM, TRANSPORT SYSTEM SECURITY MANAGEMENT PROCESS

*Marinov Marin Ljubenov – Ph.D., Bulgaria, Varna*

*Sobolevski Aleksandr – Monreal, Canada*

*Shatalova Natalya V. – Ph.D., leading researcher, Solomenko institute of transport problems of the Russian academy of sciences*

*Abstract. The urgency of the problem of human factor influence on the security of transport activity predetermined by many circumstances. For today's managers and operators in the field of transport are new rules, new frontiers, new principles of success, new forms of organization. Transport an increasingly growing number of risk systems, where is proportional to the degree of development and increasing complexity of technology increases human influence. Technical development in the field of transport shall be accompanied by the transfer of a person to an increasing number of control functions, allowing him more parted from tools and turn from the officer in the governing body of the system of production. In such circumstances is usually not the main culprit.*

*Keywords: human factor, professional behavior, situational modelling, security, effectiveness.*

Безопасность любой транспортной системы как, впрочем, и отдельных видов транспорта, необходимо оценивать с позиций системной методологии. Безопасность каждого элемента системы зависит от состояния самого элемента системы и от воздействия на него со стороны других элементов системы. Учитывая существенные различия между элементами системы, а также наличие разных точек зрения в зависимости от отношения к элементу системы пассажира, владельца транспортного предприятия, исследователя, грузовладельца, эколога и т.д., в понятие безопасности элемента системы может вкладываться различный смысл [1-3].

Сейчас единое понятие безопасности и критерии ее оценки отсутствуют. С равным правом говорят о безопасности пассажира, о безопасности транспортного средства, о грузовой безопасности, об экологической безопасности и т.д. Совершенно очевидно, что общее определение безопасности как положения, при котором не угрожает опасность кому-либо, чему-либо, не проясняет ситуацию. Во-первых, любое техническое сооружение, окружающая среда, вещества, содержащие аккумулярованную энергию, представляют собой опасность для взаимодействующего с ними человека при определенных условиях развития аварийной ситуации. Во-вторых, важна не сама по себе угроза, а последствия ее реализации. В этом смысле опасным является такое происшествие, в результате которого наступает гибель, нарушается нормальное функционирование или происходит необратимое изменение сверх допустимых значений параметров, характеризующих свойства элемента транспортной системы.

Тогда можно определить *безопасность транспортной системы* как свойство функционировать без происшествий, а при их возникновении, восстанавливать параметры или нормальное функционирование. В этом случае уровень безопасности, это характеристика оцениваемая вероятностью отсутствия таких происшествий или вероятностью восстановления параметров и функционирования после возникновения происшествий. Очевидно, что вероятность отсутствия происшествий является функцией вероятностей проявления отдельных неблагоприятных факторов, а вероятность восстановления параметров или функционирования зависит от состояния мер технического, организационного, социального и правового характера, а также от тяжести последствий происшествия [4,5].

Согласно указанному подходу, для различных объектов транспортной инфраструктуры, следует использовать различные показатели безопасности. Практическое обеспечение безопасности функционирования различных объектов должно осуществляться по двум основным направлениям: первое направление охватывает меры, направленные на предотвращение нарушения нормальных режимов эксплуатации: обеспечение прочности, безотказности элементов, предупреждение отклонений от регламентированных режимов, условий эксплуатации и предотвращение ошибок в работе операторов; второе направление включает в себя меры, нацеленные на предотвращение случаев перерастания возникших нарушений и отклонений нормальных режимов работы в аварийные, катастрофические ситуации. Фундаментальной основой обоих направлений является повсеместное и перманентное влияния человеческого фактора на все транспортные процессы, начиная с проектирования и производства транспортного средства (ТСр) и заканчивая адекватной оценкой условий его эффективной эксплуатации.

При рассмотрении безопасности транспортной системы (ТСм), следует учитывать функциональную структуру системы. Можно выделить следующие основные составляющие безопасности [6,7]:

*Безопасность транспортных процессов* определяется, как свойство транспортных процессов быть безопасными или обладать приемлемым уровнем безопасности для участников этих процессов, функциональных элементов ТСм, окружающей среды и населения. Под транспортным процессом понимается процесс перемещения транспортных средств, грузов и пассажиров с целью реализации основных функций ТСм. Безопасность транспортных процессов обеспечивается безопасностью транспортных средств, безопасностью коммуникаций и безопасностью транспортной инфраструктуры [8,9].

*Безопасность транспортных средств* формулируется, как свойство ТСр функционировать безопасно или с нанесением допустимого ущерба для окружающей среды, населения и других элементов ТСм. В рамках безопасности транспортных средств выделяются: собственная безопасность транспортных средств и безопасность перемещения грузов и пассажиров с использованием транспортных средств.

*Безопасность коммуникаций* определяется, как свойство транспортных коммуникаций быть безопасными или обладать приемлемым уровнем опасности для транспортных процессов, окружающей среды и населения. Безопасность коммуникаций включает: собственную безопасность коммуникаций и безопасность движения транспортных средств по коммуникациям.

*Безопасность транспортной инфраструктуры* это свойство инфраструктуры быть безопасной или обладать приемлемым уровнем опасности для транспортных процессов, окружающей среды и населения. Она включает в себя:

- безопасность хранения грузов и транспортных средств;
- безопасность погрузочно-разгрузочных работ;
- безопасность утилизации грузов (транспортных средств, объектов инфраструктуры);
- безопасность строительства и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры.

*Безопасность системы управления транспортом* это способность системы управления транспортом исключать или своевременно парировать возникновение инцидентов, аварийных или чрезвычайных ситуаций для отдельных транспортных средств, коммуникаций и объектов транспортной инфраструктуры. Безопасность системы управления обеспечивается за счет мониторинга, контроля и прогнозирования процессов, протекающих в ТСм, и складывается из следующих составляющих:

- информационной безопасности ТСм и ее компонентов;

- надежности и готовности средств дистанционного контроля и управления;
- надежности системы управления работой транспорта;
- безопасности транспортных процессов; экономической безопасности.

*Экономическая безопасность* формулируется, как свойство ТСм обеспечивать безопасность экономической, инвестиционной и иной коммерческой деятельности субъектов ТСм при возникновении различного рода рисков, опасных и чрезвычайных ситуаций. Экономическая безопасность включает:

- информационную безопасности ТСм и ее компонентов;
- безопасность системы управления транспортом;
- безопасность транспортных процессов; антитеррористическую безопасность.

Есть еще и современные, продиктованные высокими темпами технологической революции, аспекты безопасности, какими являются, например, экологическая, информационная и антитеррористическая безопасности.

*Экологическая безопасность* определяется, как безопасность ТСм для окружающей среды и населения. Экологическая безопасность ТСм предполагает анализ трех видов взаимосвязей:

- «Человек – техника» внутри транспортной системы, характеризующая экологические и биологические аспекты влияния работы технических средств транспорта и сферы его обслуживания на людей, занятых в сфере транспорта;
- «ТСм (техника) – природа», характеризующая различные аспекты воздействия ТСм на природную среду и «ТСм (техника) – население», характеризующая прямое воздействие ТСм на население, проживающее на определенной территории.

Экологическая безопасность характеризуется:

- уровнем загрязнений (по видам веществ и физическим полям);
- экологическим ущербом, наносимым территории из-за ее загрязнения, и экологическим риском.

*Информационная безопасность* рассматривается, как показатель, характеризующий безопасность информационных процессов в ТСм, ее системе управления и автоматизированных системах, используемых для решения задач управления транспортными процессами.

*Антитеррористическая безопасность* формулируется как способность ТСм и ее составляющих противостоять целенаправленному воздействию, препятствующему нормальной работе ТСм, а также террористическим проявлениям и, в случае их возникновения, обеспечивать безопасность населения, транспортных процессов и коммуникаций.

Представленная выше структура основных составляющих безопасности транспортной системы является обобщенной и требует дальнейшей детализации, но она наглядно демонстрирует ведущую роль человека для обеспечения безопасности в каждом из подэлементов, а также его непрерывное влияние на все протекающие процессы. Для безопасного функционирования транспортной системы необходимо, чтобы каждая составляющая безопасности системы (рис. 1) была максимальна или лежала в диапазоне допустимых значений [10]:

$$\forall i \{V_i \rightarrow \max / V_i \in V(\text{don})\} \Leftrightarrow V_{\text{цел.БПТС}} \in V_{\text{цел.БПТС}}^{\text{don}}, \quad (1)$$

где:  $V_i$  - количественное значение комплексного показателя для отдельной составляющей безопасности;

$V_{(\text{don})}$  – допустимое количественное значение комплексного показателя для отдельной составляющей безопасности;

$V_{цел.БПТС}$  – количественное значение комплексного показателя для обеспечения целостной безопасности транспортной системы (БПТС);

$V_{цел.БПТС}^{доп}$  – допустимое количественное значение комплексного показателя для обеспечения целостной БПТС.

Для решения этой задачи с учетом человеческого фактора необходимо разрешить проблему с учетом влияния человека на все производственные процессы и по каждой составляющей безопасности ТСм. Это предполагает, что при рассмотрении конкретных задач функционирования ТСм надо руководствоваться не одиночными показателями, а их совокупностью (группой), где в каждой группе будет учтено влияние профессиональных решений персонала на безопасность ТСм. Вся система критериев и показателей должна отражать воздействие основных групп факторов, влияющих на безопасность ТСм (неудовлетворительные свойства ТС, неблагоприятные внешние условия, отказы технических средств и оборудования, воздействие грузов, функциональных систем и устройств целевого назначения и прямое воздействие человека), а также в каждом из этих факторов усмотреть роль человека.

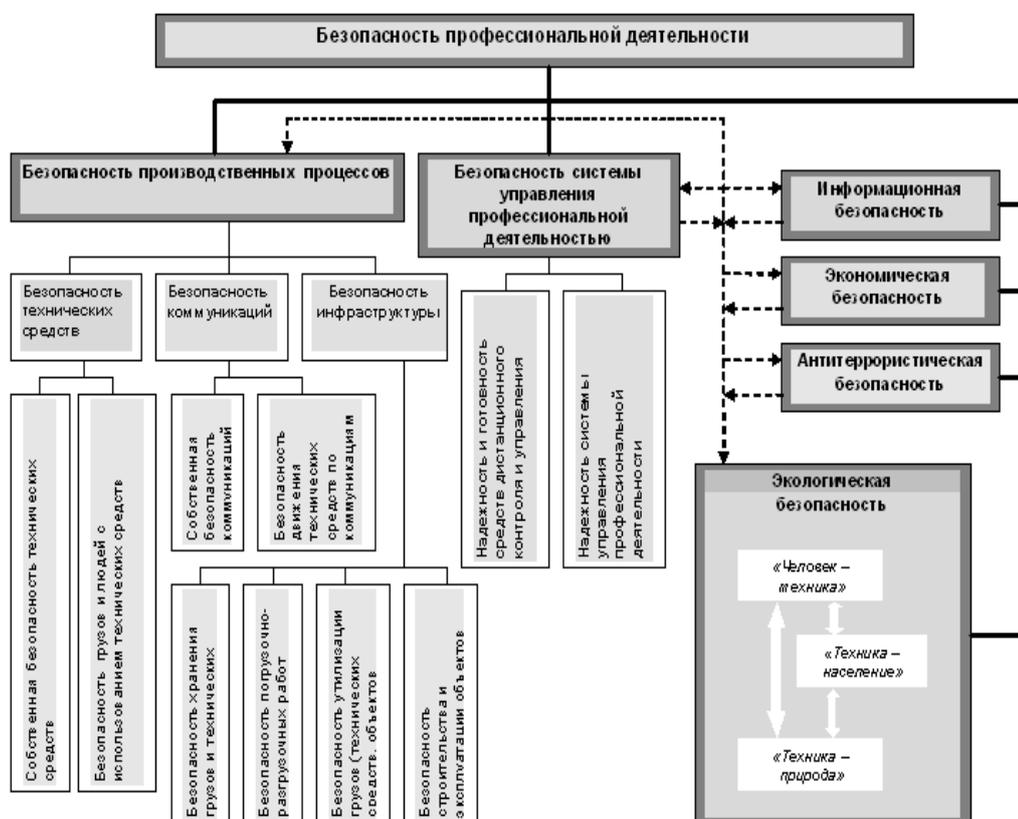


Рисунок 1 – Основные составляющие безопасности профессиональной деятельности транспортного специалиста

Среди перечисленных групп факторов влияние человека сейчас рассматривается как отдельная группа, ничего общего не имеющая с остальными группами (рис. 2). Но если рассмотреть влияние перечисленных факторов в связи с перманентным косвенным влиянием человека, получится другая картина, в контексте которой человеческий фактор окажется проникающим во все отдельные функциональные элементы системы и всего транспортного процесса.

В этом контексте окажется, что неудовлетворительные свойства ТСм (устойчивость, ходкость, управляемость, прочность, живучесть и др.) обычно связаны с недос-

татками в проектировании и производстве, которые зависят напрямую от подготовки и отношения человека к выполняемой им работе.

Неблагоприятные внешние условия (плохая видимость (туман, темное время суток), высокая или низкая температура воздуха, ветер, волнение, различные опасности на маршруте движения, интенсивность движения, уровень организации и оснащенности поисково-спасательной службы и др.) связаны, прежде всего, с необъективностью оценки условий или недостаточностью подготовки ответственных лиц на транспорте для действий в сложных условиях.

Отказы технических средств и оборудования, в том числе и спасательного, связаны чаще всего с несоблюдением эксплуатационных инструкций и нарушениями правил безопасности.

Воздействия грузов, функциональных систем и устройств целевого назначения возникают обычно при неправильной загрузке, креплении и обслуживании по вине человека.

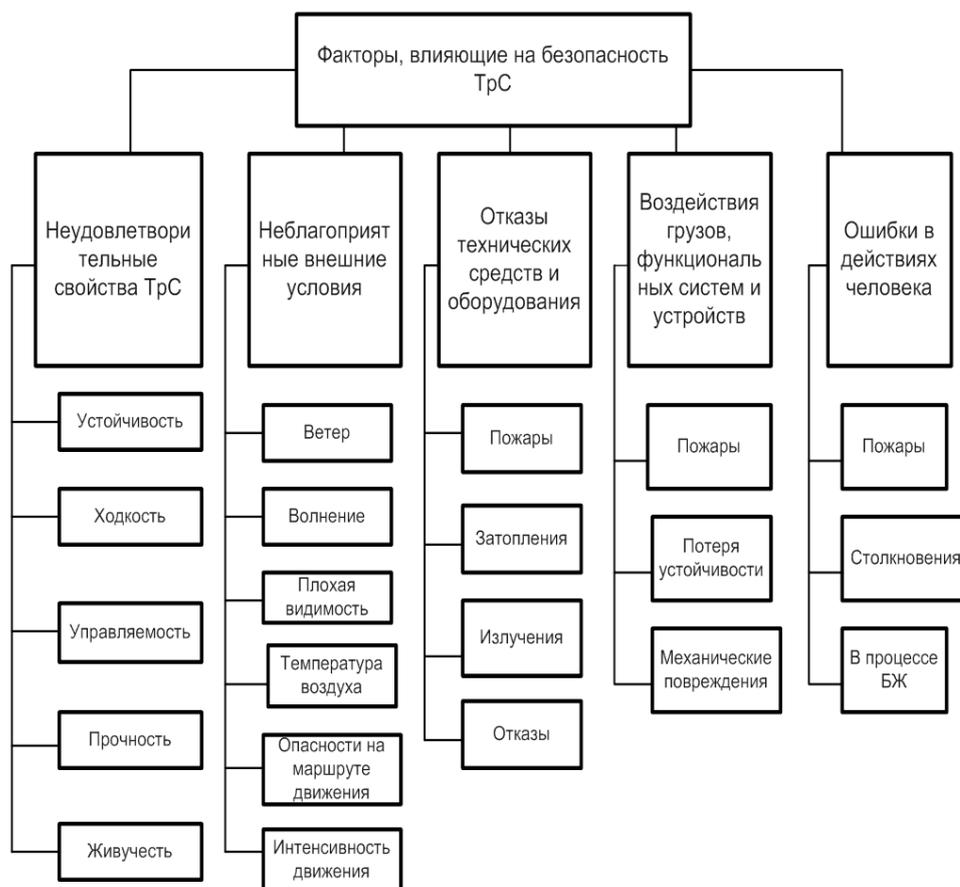


Рисунок 2 – Факторы, влияющие на безопасность ТСм

Прямое воздействие человека это отдельная составляющая и она заключается обычно в неправильных действиях лиц, обеспечивающих безопасность ТСм, в ошибках специалистов по эксплуатации ТС и сопутствующих систем, в неправильных решениях со стороны руководителей, в нарушении правил безопасности со стороны пассажиров и др.

То есть влияние человека на безопасность ТСм и транспортной деятельности, это «фактор в составе остальных факторов».

Все группы факторов оказывают влияние не только на ТСм, но и на безопасность самого человека и могут быть источником опасных воздействий на окружающую

среду. Поэтому их надо рассматривать всегда в едином комплексе, где приведенные группы факторов могут уточняться и дополняться по мере углубления исследований, но человеческий фактор в них, всегда должен существовать как обязательная составляющая. Чем подробнее учитывается влияние воздействующих факторов, тем точнее может быть получена количественная оценка уровня безопасности.

Таким образом, для обеспечения безопасности ТСм в целом, требуется обеспечивать безопасность отдельных функциональных элементов системы, а также протекающих в системе транспортных, информационных и финансовых процессов, по всем критериям и с учетом всех воздействующих факторов, среди которых влияние человека является фундаментальным повсеместным фактором. Сейчас оценка влияния человеческого фактора на безопасность не включена в оценку отдельных аспектов безопасности транспортных систем и не является неотъемлемой частью общего процесса оценки.

В транспортной науке все еще не учитывается то, что современные технические средства наблюдения и контроля, несмотря на то, что они являются продуктом человеческого интеллекта, не имеют, и не будут еще долго иметь способность к мышлению, к эмоциям и к быстрой комплексной оценке возникших ситуаций. Поэтому проблему обеспечения безопасности транспортных средств, без учета человеческого фактора невозможно решить. Для этого нужен новый концептуальный подход, объединяющий полноценный учет влияния человеческого фактора, с управленческими, организационными, логистическими, инфраструктурными, образовательными, технологичными и другими решениями этой проблемы.

#### *Список литературы*

1. Маринов М.Л., Захаревич А.С., Катцын Д.В. Анализ влияния человеческого фактора на безопасность функционирования железнодорожного транспорта (на примере технологического цикла работы локомотивных бригад) // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". 2013. № 3. С. 32-39.

2. 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.

3. Скороходов Д.А., Александров М.А. Анализ методики и алгоритма оценки надёжности объекта транспортной системы при произвольных законах распределения // Морской вестник. 2013. № 4 (48). С.100-102.

4. Маринов М.Л. Ситуационное моделирование безопасности человеческого поведения с использованием функционально-психологической модели // Морской вестник. 2009. № 4. С. 75-78.

5. Маринов М.Л. Концепция подготовки специалистов по усвоению шельфа, Научный журнал "Морские интеллектуальные технологии". 2012. № 1 (спецвыпуск). С. 85-88.

6. Маринов М.Л. Проблемные вопросы и алгоритмы методики планирования поиска водных транспортных средств малого водоизмещения (ВТС МВ) // Научный журнал "Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций". 2010. № 4. С. 88-111.

7. Скороходов Д.А., Фирмин Джива Кукуи. Методика оптимизации процесса управления деятельностью системы управления безопасностью судоходной компании» // "Морские интеллектуальные технологии". 2012. № 1(15).

8. Маринов М.Л., Скороходов Д.А. Функционально-психодинамический подход к оптимизации влияния человеческого фактора на безопасность транспортной деятельности // Транспорт: наука, техника, управление. 2009. № 7. С. 18-22.

9. Маринов М.Л. Проблемы и перспективы оценки поведения руководителей и специалистов в профессиональной сфере // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2015. № 4 (39). С. 215-224.

10. Скороходов Д.А., Стариченков А.Л., Поляков А.С. Методика оценки эффективности комплексной безопасности транспортной компании // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". 2015. № 2.

УДК 681.51

## ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

*Минкин Денис Юрьевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения*

*Власова Татьяна Владимировна – старший преподаватель кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Аннотация. Рассмотрены элементы и структура производственных и технологических процессов сложных производственных систем.*

*Определена роль транспортных процессов в управлении сложными производственными системами.*

*Ключевые слова: сложные производственные системы, транспортный, производственный, технологический процессы.*

## TRANSPORT PROCESSES IN THE MANAGEMENT OF COMPLEX INDUSTRIAL SYSTEMS

*Minkin Denis. Y. – Doctor of Technical Sciences, Professor. Department of Fire Safety of Buildings and Automated Fire Extinguishing Systems*

*Vlasova Tatyana.V. – Senior Lecturer of The Department of Fire Safety of Buildings And Automated Fire Extinguishing Systems  
Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract. The elements and structure of the process and production of complex industrial systems. The role of the transport processes in the management of complex industrial systems.*

*Keywords: complex manufacturing systems, transport, production, technological processes.*

Эффективное управление сложными производственными системами (СПС) возможно при развитии и взаимодействии различных областей науки и техники, совершенствовании производственных процессов, включающих основные, вспомогательные и обслуживающие.

Сложность производственной системы ассоциируется со значительным числом взаимосвязанных элементов (взаимодействующих подсистем, рассматриваемых как единое целое), с множеством локальных задач различного уровня приоритета, выполняемых одновременно или последовательно.

Элементы являются значимыми в контексте исследования системы и для выделения и конкретного описания СПС необходимо и достаточно задать эти системы и отношения между ними.

Что можно выразить с помощью выражения [1]:  $S = (E, R)$ .

Система  $S$  – это множество элементов  $E$  и отношений  $R$  между ними.

Система возникает в результате взаимодействия технических, экономических и социальных элементов, что приводит к возникновению качественно новых свойств системы, отсутствующих у составляющих ее элементов [2].

Элементом системы можно считать и производственный транспорт, к которому относится все виды транспорта, обслуживающие внутренние потребности производственной системы.

Управление СПС имеет ряд особенностей, среди которых решающее значение имеют большое число элементов, высокая степень неопределенности, выражающаяся в нерегулярности внешних воздействий на входы системы, производственный процесс и на его составляющие (неритмичность технологического процесса, неопределенность продолжительности отдельных транспортных и технологических операций).

Задача управления СПС допускает множество решений и имеет несколько способов достижения цели управления. Каждому способу соответствуют свои характеристики такие как надежность, точность, затраты энергии, времени. Задача управления СПС может быть осуществлена на основе формирования сбалансированной структуры элементов и производственных процессов, протекающих в системе [3].

Одной из задач управления и функционирования СПС является создание и поддержание в эксплуатации оптимизированных транспортных связей, которые предусматривают:

- увязку по принятым показателям производственного транспорта с технологическим процессом производства;
- оптимальное сочетание различных видов транспорта.

Транспортные связи в производственном процессе графически могут быть представлены в виде транспортно-технологической схемы.

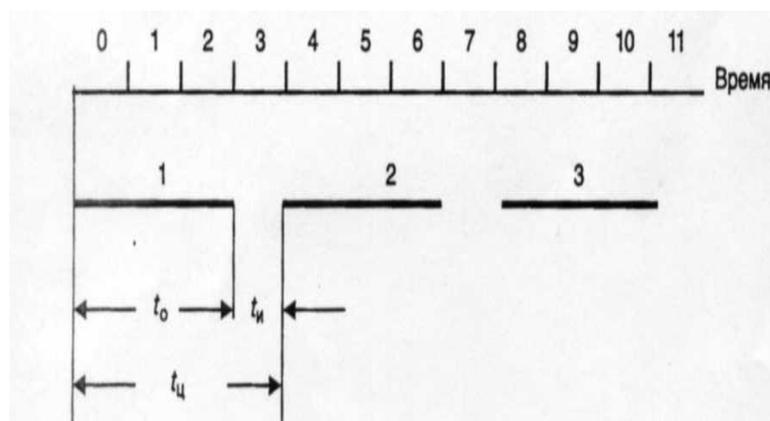


Рисунок 1 – Производственный процесс с перерывами

$t_0$  – время технологической операции;  $t_u$  – время интервала;

$t_u$  – длительность цикла; 1,2,3 – порядковый номер обрабатываемых изделий.

Разработка транспортно-технологической схемы является первым этапом проектирования транспорта СПС, а на втором этапе выполняется подробный расчёт и формируется транспортные процессы системы [4].

Необходимо учитывать план выпуска, профиль продукции, технологию производства, мощность оборудования, вероятность возникновения сбоев и ограничений, которые возникают во время производственного процесса.

Общая длительность производственного цикла изготовления продукции производственного процесса зависят от продолжительности собственно операций по обработке изделия и от различного рода перерывов, связанных с транспортными операциями.

Длительность производственного цикла в общем виде имеет следующий вид:

$$t_i^u = t_i + t_i^n, \text{ где } t_i^n = t_i^{nt} + t_i^g + t_i^s$$

где  $t_i$  — технологическое время;  $t_i^{nt}$  — длительность нетехнологических штатных операций  $i$ -го цикла;  $t_i^g$  — длительность межоперационного интервала  $i$ -го цикла;  $t_i^s$  — длительность нештатных вынужденных интервалов  $i$ -го цикла [5].

Транспортные операции составляют значительную часть в технологическом процессе производства продукции, что является следствием технологических особенностей производственного процесса, которые определяют необходимость многоразовых перемещений продукции. Следовательно, состав и взаимные связи основных, вспомогательных и обслуживающих процессов образуют структуру производственного процесса, а производственный процесс состоит из технологических и нетехнологических процессов, к последним относится транспортный процесс.

Технология транспортного процесса определяет порядок выполнения соответствующих операций с указаниями их срока, последовательности использования инструментов и оборудования, расходов материальных и трудовых ресурсов.

Организация транспортного процесса — это комплекс принципиальных методов, положений, правил и специальных документов, которые предусматривают координацию деятельности звеньев и служб транспорта при выполнении ими перевозочного процесса в пределах более или менее больших подразделений транспорта им сети в целом [6].

Корнилов С.Н., Лукьянов В.А. предлагают применить комплексный подход в рассмотрении производственных и транспортных процессов, согласно которого все операции рассматриваются во взаимосвязи друг с другом, т.е. продолжительность одних операций влияет на продолжительность других. Они же вводят понятие интервала регулирования, под которым понимают максимальный промежуток времени, в течение которого операция может быть выполнена с учетом того, что смежные операции также будут выполнены с соблюдением производственной и транспортной технологии. Образуемая связь в работе смежных производств единой технологией предполагает взаимосогласованность продолжительностей отдельных операций с учетом требований, предъявляемых к производственной системе.

Для использования системы управления разрабатывается модель, позволяющая в оперативном и перспективном режимах реализовать принципы адаптивного управления [7].

Структура производственного транспорта зависит от объема и типа продукции, схемы размещения. Со сменой номенклатуры продукции, применяемой технологии, изменяется и структура производственного транспорта.

Сложность взаимодействия элементов системы, состоит, в том числе, в разнице длительности технологических циклов и отдельных операций технологических процессов, применяемых способов и методов регулирования производственных и транспортных процессов.

Совершенствование транспортного процесса в управлении СПС эффективно при применении системного и комплексного подходов.

Не вызывает сомнения актуальность научно-технической задачи определения влияния на уровень управления СПС степени согласованности технологических и транспортных процессов.

#### *Список литературы*

1. Абланская Л.В. Экономико-математическое моделирование: Учебник под общ. редакцией И.Н. Дрогобышского – 2-е из-е. – М. Изд-во: Экзамен. 2006.
2. Авиационные системы. Учебное пособие / составитель Л.Б. Бажов. Ульяновск: УВАУГАГА(И). 2013. 98 с.
3. Стебунов С.В., Власова Т.В. Резервирование в управлении производственными системами в условиях малопредсказуемых рисков // Научно-аналитический журнал "Проблемы управления рисками в техносфере". 2015. №1 (33). 111-119 с.
4. <http://helpiks.org/5-63164.html>
5. Минкин Д.Ю., Терехин С.Н., Власова Т.В. Использование интеллектуальных систем управления в целях повышения устойчивости производственных систем // Научно-аналитический журнал "Проблемы управления рисками в техносфере". 2014. № 3 (31). 78-84 с.
6. Любченко А.В. Транспорт и пути сообщения. Конспект лекций.
7. Корнилов С.Н., Лукьянов В.А. Разработка методики интервального регулирования сложных производственно-транспортных систем. Магнитогорский государственный технический университет.

УДК 656.658.310.8; 656.001.5

### **КАТЕГОРИЯ «ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР» КАК ОБЪЕКТ ИЗУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ НАУКИ**

*Маринов Марин Любенев – кандидат технических наук, Республика Болгария, г. Варна*

*Аннотация.* Воздействие глобализации, внедрение информационных технологий, повсеместная автоматизация принятия решений, повышенные требования к квалификации работников и многие другие изменения в современном обществе привели к изменению модели управления транспортными организациями и людскими ресурсами. Практически все основные исследования в области транспортной безопасности приводят к однозначному выводу, что основной причиной большинства аварий и катастроф на транспорте является человеческий фактор. Статистика указывает на немногочисленные ошибки проектирования, изготовления транспортных средств или элементов инфраструктуры.

*Ключевые слова:* человеческий фактор, профессиональное поведение, моделирование, безопасность, эффективность.

### **ANALYSIS OF THE CATEGORY OF "HUMAN FACTOR" AS AN OBJECT OF STUDY IN VARIOUS AREAS OF SCIENCE**

*Marinov Marin Ljubenov – Ph.D., Bulgaria, Varna*

*Abstract. The impact of globalization, information technology, the widespread automation of decision-making, increased requirements to the qualification of employees and many other changes in modern society have led to a change management model, transport organizations and human resources. Almost all the major research in the field of transport security have led to the unequivocal conclusion that the main cause of most accidents and disasters in transport is the human factor. Statistics show few design errors, construction of vehicles or infrastructure.*

*Keywords: human factor, professional behavior, situational modelling, security, effectiveness*

Оценка человеческого влияния на безопасность транспортной деятельности (ТД) показывает, что существуют некоторые общие проблемы принципиального характера, а именно [1,2]:

- повсеместное неэффективное использование потенциальных возможностей человека не позволяет реализовать систему безопасности на принципах обеспечения непрерывного мониторинга за обстановкой, создания гомогенной среды контроля и достижения постоянной готовности человека для правильной оценки и предотвращения ожидаемого происшествия;

- в организационной структуре управления транспортной безопасности предприятий отсутствуют точные критерий оценки и правила, по которым можно оптимизировать обязанностей людей;

- организация, руководство и обеспечение транспортной безопасности на предприятиях часто осуществляется недостаточно подготовленными людьми, которые не обладают требуемой квалификацией и не прошли специальную психологическую подготовку;

- большая часть систем управления безопасностью (СУБ) транспортной системы (ТСм) построены на «пассивном» принципе, основанном на ожидании сигнала об очередной опасности (часто «неизвестной» или трудно прогнозируемой). Не ведется заблаговременный, активный поиск причин возникновения критических ситуаций и не проводятся мероприятия по их прогнозированию и предотвращению;

- незнание законов поведения людей делает невозможной реализацию идеи создания единой человеко-технической системы управления транспортной безопасностью, где человек может полностью доверять технике.

Существуют различные подходы к исследованию влияния человека на безопасность транспортной деятельности, например:

- проведение частичного или комплексного факторного анализа;
- использование методов теории вероятностей при определении человеческих ошибок или при нормировании степени влияния человеческого фактора;

- использование методов количественной оценки влияния человеческого фактора на безопасность эксплуатируемого объекта;

- прогрессивное уменьшение влияния человеческого фактора, путем передачи части функций от человека оператора системам искусственного интеллекта;

- разработка и внедрение систем поддержки принятия решений и т. п.

Проблема использования перечисленных подходов состоит в том, что смысл понятия «человеческий фактор» воспринимается авторами по-разному, а это приводит к необходимости формирования различных объемных, а зачастую и нереализуемых, комплексов, критериев и показателей его оценки. Это ведет к определенным проблемам.

Во-первых, человеческий фактор является многозначным по своему содержанию понятием. Многообразие его проявления придает ему междисциплинарный характер и создает определенные трудности в выделении его в качестве отдельного направления

для изучения. Человеческий фактор рассматривается сквозь призму конкретных наук. Это понятие широко применяется в философии, управлении, социологии, психологии, педагогике, медицине и других науках, но каждая из этих наук использует его в соответствии со своей спецификой, при этом накопленные знания остаются разрозненными и несистематизированными [3,4].

Во-вторых, отсутствует общая теория человеческого фактора, в рамках которой могут быть решены такие проблемные вопросы, какими являются – определение её границ и встраивание в общую систему научных знаний.

Поэтому уточнение смысла и содержания понятия «человеческий фактор» является вопросом первостепенной значимости. Если обобщить множество интерпретаций понятия «человеческий фактор», встречающихся в словарях разной направленности, то их можно свести к двум позициям:

- первая, как процесс (субъектная деятельность) – в ней «человеческий фактор» есть обозначение функционирования человека в системе социальных, экономических, производственных, научно-технических, организационно-управленческих и др. отношений;

- вторая, как свойство – «человеческий фактор» рассматривается как совокупность психологических, физиологических, антропометрических и других характеристик человека, его возможностей и ограничений».

Указанные аспекты рассмотрения человеческого фактора господствуют в научной литературе, но не являются исчерпывающими. В социологии используется опыт структурно-функционального анализа, на основании которого выделяется следующее определение понятия «человеческий фактор»: *человеческий фактор (ЧФ)* – это система явных и латентных характеристик человека, которые проявляются в его действиях, приводящих к конструктивным (или деструктивным) результатам (или последствиям) в природной и социальной среде.

Применение структурно-функционального метода позволяет выделить в рассматриваемом понятии последовательные элементы, которые в целостности создают схему изучения понятия. Таким образом, метод структурно-функционального анализа выявляет в структуре данного понятия два аспекта: содержательный – совокупность признаков объекта, раскрывающих его сущность, и методологический – обозначает алгоритм изучения объекта.

Анализ приведенного выше определения позволяет выделить в его структуре три «содержательных» элемента: *совокупность психологических, физиологических, профессиональных и других характеристик* человека, проявляющих себя как в явной, так и в латентной формах. И явные, и скрытые характеристики человека могут носить как положительный, так и отрицательный характер в системе общепринятых норм; *действия человека* – деятельность человека в системе социальных, экономических, производственных, научно-технических, организационно-управленческих и других отношений; *результаты действий* человека в природной и социальной среде. Указанные три элемента в целостности составляют методологическую сторону процесса выяснения смысла и содержания понятия «человеческий фактор», т.е. создают последовательную цепочку действий (этапов) в изучении человеческого фактора.

Подобное рассмотрение понятия ЧФ по существу не противоречит контексту самого понятия фактор. Понятие «*фактор*» понимается в основном как источник воздействия, движущая, действующая сила или существенное обстоятельство. Тогда, под «человеческим фактором» в смысле источника воздействия можно понимать все разнообразные проявления человеческой индивидуальности. Воздействие на окружающую среду могут оказывать личностные и духовные качества человека, различные проявления, связанные с особенностями темперамента, мышления, развитости интеллекта, физических качеств. Человек может воздействовать, реализуя свои способности или по-

буждения и удовлетворяя различные потребности, амбиции, инстинкты и т. п. Но кроме указанных выше, существует еще целый ряд латентных поведенческих реакций, которыми человек также может воздействовать на окружающую среду и людей. Предвидеть эти реакции нельзя, потому что они могут зависеть от состояния человека в конкретный момент времени. Поэтому восприятие «человеческого фактора», как источника воздействия на окружающую среду, не ведет к определенным результатам по раскрытию общей логики его влияния.

Под «человеческим фактором» в смысле движущей, действующей силы, обычно понимают отдельные действия и решения, непосредственно или опосредованно оказывающие влияние на окружающую среду или других людей. Но восприятие влияния «человеческого фактора» в виде уже принятого решения не помогает улучшить безопасность и успешность человеческих действий. Принятое решение (или уже совершенное действие) – это законченный процесс и повлиять на него уже невозможно, а хорошо известно, что основным принципом обеспечения и оптимизации безопасности и успешности любой деятельности является принцип превентивности.

Проведенный короткий анализ показывает, что хотя влияние человека на безопасность и эффективность транспортной деятельности не является единственным воздействующим фактором, но именно человек является тем элементом в цепи, который своим решением интегрирует все предыдущие действия, вместе с возникшими неопределенностями. Как таковой, человек является определяющим фактором и последней инстанцией в процессе повышения или уменьшения безопасности и качества проводимой работы. В этом смысле, влияние «человеческого фактора» целесообразнее всего воспринимать как *существенное обстоятельство*, интегрирующее в себя все аспекты подготовки и принятия решения для действия в одной или другой ситуации.

Вся проблема состоит в том, что сейчас традиционные модели, рассматривающие причины и условия понижения безопасности и эффективности ТД [5], не видят понятие ЧФ в этом контексте. В них акцент ставится на поиск конкретных условий и причин появления ошибок в действиях руководителей и операторов, для каждой исследуемой ситуации. В научной литературе, большая часть исследований строится на факте, что везде, где работает человек, появляются ошибки и указывается на то, что они возникают, прежде всего, от уровня подготовки, квалификации и сопутствующих условий. Но свойства человека ошибаться не является только функцией его психологического состояния. Ошибка человека является выражением его качеств, способностей, воспитания, подготовки, пониманий, навыков, умений, культуры, веры и т.п. Поэтому очень важно разобраться в проблеме и ответить на вопросы – что можно назвать ошибкой и как возникают и проявляются ошибки?

Виды ошибок, допускаемых человеком на различных стадиях взаимодействия в системе «человек - техника» ученые классифицируют следующим образом [6,7]:

- ошибки проектирования, обусловленные неудовлетворительным качеством проектирования;
- операторские ошибки, возникающие при неправильном выполнении обслуживающим персоналом установленных алгоритмов действий или в тех случаях, когда оператор сталкивается с необходимостью выполнения действий, не предусмотренных инструкциями;
- ошибки изготовления, имеющие место на этапе производства, вследствие неудовлетворительного качества работы, неправильного выбора материала, изготовления изделия с отклонениями от конструкторской документации и т. д.;
- ошибки технического обслуживания, возникающие в процессе эксплуатации и обычно вызванные некачественным ремонтом оборудования или неправильным монтажом, вследствие недостаточной подготовленности обслуживающего персонала, неудовлетворительного оснащения необходимой аппаратурой и инструментами;

- внесенные ошибки - как правило, это ошибки, для которых трудно установить причину их возникновения, т.е. определить, возникли они по вине человека или же связаны с оборудованием; ошибки контроля,
- связанные с ошибочной приемкой как годного элемента или устройства, характеристики которого выходят за пределы допусков, либо с ошибочной отбраковкой годного устройства или элемента с характеристиками в пределах допусков;
- ошибки обращения, возникающие вследствие неудовлетворительного хранения изделий или их транспортировки с отклонением от рекомендаций изготовителя;
- ошибки организации рабочего места, например: теснота рабочего помещения, повышенная температура, шум, недостаточная освещенность и т.п.;
- ошибки управления коллективом: недостаточное стимулирование специалистов, их психологическая несовместимость, не позволяющие достигнуть оптимального качества работы и др.

Ошибки человека авторы [8] распределяют по трем уровням, на каждом из которых имеется возможность противодействия ошибкам. Например:

- на первом уровне можно предотвратить ошибки человека;
- на втором уровне можно избежать нежелательных последствий ошибок, корректируя неправильное (вследствие ошибок, внесенных по вине человека) функционирование системы;
- на третьем уровне можно исключить повторное возникновение тех или иных ситуаций, приводящих к ошибкам человека.

Таким образом, подчеркивается, что существенным компонентом обеспечения безопасности является понимание природы, времени появления и причин ошибок. Ошибка, также, играет основную роль в обучении новым навыкам и режимам работы, а также в поддержании этих навыков. В этом смысле, авторы считают, что ошибки являются постоянным компонентом поведения человека и есть необходимость исследовать их природу и того, когда и почему они могут возникнуть.

Первым из наиболее важных элементов природы ошибки является то, что ошибка - это не унитарное явление. Несмотря на то, что традиционные методы анализа аварий и происшествий (А(П)), часто трактуют ошибку как единую сущность, которую нельзя разложить на составляющие, можно выделить несколько существенных характеристик проявления ошибок.

Первая особенность состоит в том, что ошибки отличаются друг от друга в зависимости от способа обработки информации. Например, ошибки могут быть вызваны в результате проявления каких-то чувств, благодаря ослаблению внимания, благодаря различным провалам в памяти, ошибкам мотивации и рассуждений. Разная природа ошибок вызвана сбоем той или иной функции обработки информации и, следовательно, они требуют различных подходов к их преодолению.

Природа ошибок может также различаться в зависимости от применения автоматизированного или ручного режимов работы. Часто считается, что автоматизация и обучение могут решить проблему человеческих ошибок, поскольку автоматизированный режим предполагает, что необходимая последовательность действий может быть выполнена без размышлений, постоянного внимания и обратной связи. К сожалению, факты говорят о том, что более высокие автоматизация и квалификация наряду с уменьшением вероятности одних типов ошибок приводит к увеличению вероятности других. Ошибки в автоматизированных режимах проявляются в виде рассеянности, неумышленных действий или промахов и отличаются от ошибок, встречающихся в неавтоматизированных режимах.

Другая существенная характеристика ошибок – это то, что они не новы и не случайны. Количество типов ошибок ограничено. Они принимают похожие формы и повторяются при всех видах деятельности. Последствия этих ошибок, тем не менее,

весьма различны и определяются скорее обстановкой, в которой они произошли, чем самой природой ошибки.

Ученые отмечают и еще одну особенность процесса возникновения ошибки как, например, невозможность узнать об умысле человека, совершившего ошибку прежде, чем произошло событие. Даже впоследствии сам факт возникновения критической ситуации может изменить воспоминания человека о сопутствовавших ей обстоятельствах.

Вышеупомянутая логика ведет к классификации, которая различает ошибки, встречающиеся при автоматизированных режимах (промахи, неумышленные действия), от тех, что возникают при неавтоматизированных или проблемных режимах (заблуждения).

*Промахи* или *технические ошибки* определяются как неумышленные, возникающие при многократно отработанных или автоматически выполняемых от природы, действиях.

*Заблуждения* подразделяют на две разновидности:

- ошибки правил, которые встречаются, когда режим работы требует применения определенных правил;
- ошибки знаний, которые встречаются при решении проблемных задач, когда у работника недостает квалификации или знания правил, которые следует применить.

Применение этой классификации на транспорте показало их относительную надежность. В результате обнаружилось, что более часто происходят технические ошибки, и что технические ошибки наиболее часто являются последним событием перед возникновением критической ситуации (79% всех случаев). Поскольку на этом этапе остается мало времени для их исправления, последствия подобных ошибок могут быть очень серьезными.

Заблуждения же имеют тенденцию располагаться на более ранних этапах последовательности событий, в результате которых произошли авария или происшествие.

Хотя не вызывает сомнений тот факт, что в большинстве А(П) присутствует ошибка, при которой влияние человека может быть более общим, например, в форме влияния своими решениями на предшествующую ошибку эксплуатационных процессов. Другими словами, несовершенные производственные процессы и управленческие решения приводят к ошибкам, поскольку они сами содержат ошибки мотивации и рассуждений. В данном контексте термин «человеческий фактор» охватывает широкий диапазон элементов взаимодействия между индивидуумом и производственной средой. Примерами таких взаимодействий являются: проектирование; эксплуатация оборудования; наличие, применение и сохранность индивидуальных и других средств защиты; использование различных производственных приемов и т.п. Поведенческие характеристики, связанные с этими взаимодействиями, получили название *организационной культуры, или климата*. Эти термины используются для описания комплекса целей, убеждений и привычек индивидуума и их столкновения с целями и задачами организации. Таким образом, выходит, что климат любой организации, непосредственно отражающийся на производственных процессах и стандартных приемах работы, является определяющим аспектом в роли человеческого фактора в ЧС [3,4].

Таким образом, чтобы понять, как произошли А(П) и как люди способствовали их возникновению, необходимо учесть все аспекты предшествующих событий, но не ограничивать анализ обстоятельствами, которые непосредственно привели к беде. Такого вывода подтверждает и статистика возникновения А(П), которая показывает, что причиной возникновения все реже становится недостаточная профессиональная подготовка и отсутствие достаточного практического опыта у транспортных специалистов и руководителей (не более 14 - 15% всех ситуаций) [4].

Как правило, специалисты достаточно подготовлены в профессиональном отношении, а все более частой причиной аварийного состояния отдельных транспортных

объектов является сознательное и немотивированное нарушение существующих инструкций и правил безопасности (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 – Относительное распределение аварий или аварийных случаев в зависимости от причин их вызывающих (по данным «CG» США)

| № | Группа причин               | Распределения аварий, % |
|---|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | Управленческая              | 30                      |
| 2 | Состояние оператора         | 22                      |
| 3 | Условия эксплуатации        | 20                      |
| 4 | Подготовка оператора        | 14                      |
| 5 | Ошибочные решения оператора | 14                      |

Результаты проведенных исследований указывают на то, что независимо от количества и качества, накопленных к настоящему времени моделей, для оценки ошибок в деятельности человека, предвидеть все его ошибки пока является невозможным. Человек редко повторяет свои ошибки, он учится на них. К тому же, как было показано, выявить закономерности проявления человеческих ошибок при влиянии разнородного комплекса дестабилизирующих факторов, очень трудно.



Рисунок 1 – Современные видения возможных причин влияния ЧФ в системе транспорта

В этом плане, существующие психодиагностические процедуры, системы экспертного опроса и разработанные алгоритмы действий людей в различных условиях, дают возможность выявить только наиболее общие и опасные (с позиции вероятности появления), ошибки в действиях или при бездействии, но этого не достаточно. Крайне затруднительной также является количественная оценка надежности «человеческого фактора» – ввиду отсутствия достаточно аргументированных методик определения вероятности отказа (ошибки) оператора в каждой конкретной ситуации и с учетом его индивидуальных особенностей, ограничений и психофизиологического состояния.

Есть и другие недостатки, к которым можно отнести: необходимость в описании производственных процессов в соответствии со стандартами качества; невозможность определения «правил действия» отдельных специалистов без детального учета логики в их поведении; необходимость создания психологической службы и осуществления ежедневного психологического обеспечения профессиональной деятельности и др.

Все это в конечном итоге приводит к тому, что остаются нерешенными самые важные задачи, ведущие к выяснению смысла и содержания понятия человеческий фактор: первая задача, это провести классификацию общих дестабилизирующих факторов, влияющих на человека в различных ситуациях; вторая задача, это уточнение условий перехода штатных ситуаций в опасные и критические ситуации.

Обобщенные выводы, связанные с понятием «человеческий фактор» пока указывают только на то, что для проведения корректных исследований влияния человека на безопасность и эффективность транспортной деятельности, это понятие является слишком широким и обобщающим. Для объективной оценки безопасности и эффективности действий транспортных специалистов, использовать его практически невозможно. Если охватить все раскрытые выше аспекты понятия «человеческий фактор» то становится ясным, что его смыслу и содержанию соответствует только поведение человека, в основе которого лежит бесконечно повторяющийся цикл принятия решения.

#### *Список литературы*

1. Маринов М.Л. Ситуационное моделирование безопасности человеческого поведения с использованием функционально-психологической модели // Морской вестник. 2009. № 4. С. 75-78.
2. Маринов М.Л. Концепция подготовки специалистов по усвоению шельфа, Научный журнал "Морские интеллектуальные технологии". 2012. № 1. С. 85-88.
3. Маринов М.Л., Скороходов Д.А. Функционально-психодинамический подход к оптимизации влияния человеческого фактора на безопасность транспортной деятельности // Транспорт: наука, техника, управление. 2009. № 7. С. 18-22.
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., Захаревич А.С., Катцын Д.В. Анализ влияния человеческого фактора на безопасность функционирования железнодорожного транспорта (на примере технологического цикла работы локомотивных бригад) // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". 2013. № 3. С. 32-39.
6. Маринов М.Л. Проблемные вопросы и алгоритмы методики планирования поиска водных транспортных средств малого водоизмещения (ВТС МВ) // Научный журнал "Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций". 2010. № 4. С. 88-111.
7. Скороходов Д.А., Александров М.А. Анализ методики и алгоритма оценки надёжности объекта транспортной системы при произвольных законах распределения // Морской вестник. 2013. № 4 (48). С. 100-102.

8. Скороходов Д.А., Фирмин Джива Кукуи. Методика оптимизации процесса управления деятельностью системы управления безопасностью судоходной компании // Морские интеллектуальные технологии. 2012. № 1 (15).

УДК 656.078, 656.001.

## **ОБЗОР ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

*Селиверстов Святослав Александрович – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий*

*Селиверстов Ярослав Александрович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий*

*Лукомская Ольга Юрьевна – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий*

*Кураков Андрей Валерьевич – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий*

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

*Аннотация.* Представлен анализ развития интеллектуальных транспортных систем. Обозначаются теоретические и прикладные ориентиры использования интеллектуальных транспортных систем.

*Ключевые слова:* интеллектуальная транспортная система, архитектура интеллектуальной транспортной системы.

## **OVERVIEW STAGES OF TRANSPORT SYSTEMS INTELLECTUALIZATION**

*Seliverstov Svyatoslav A. – PhD, Researcher of the Laboratory of Problems of Development of Transport Systems and Technologies*

*Seliverstov Yaroslav A. – PhD, Senior Researcher of the Laboratory of Problems of Development of Transport Systems and Technologies*

*Lukomskaya Olga Y. – PhD, Leading Researcher of the Laboratory of Problems of Development of Transport Systems and Technologies*

*Kurakov Andrey V. – PhD, Senior Researcher of the Laboratory of Problems of Development of Transport Systems and Technologies*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*Abstract.* Discusses the analysis of the development of intelligent transport systems. Represented theoretical and practical guidelines the use of intelligent transport systems.

*Keywords:* Intelligent transportation system, architecture of intelligent transportation system.

Рост населения крупных городов и мегаполисов, и как следствие увеличение в транспортных сетях количества участников дорожного движения и транспортных средств, стало причиной серьезных транспортных проблем. Данные проблемы включают снижение пропускной способности улично-дорожных сетей (УДС), надлежащую интенсивность дорожного движения, транспортные заторы на наиболее используемых

участка УДС, ухудшение качества транспортировки (пассажиры и грузы), нарушение плановых расписаний городского пассажирского транспорта, качество функционирования транспортных узлов, а так же экологическую обстановку в городе.

Вышеописанные проблемы функционирования транспортной системы оказывают негативное влияние на протекание и развитие социально-экономических процессов в мегаполисе и нарушают функционирование ресурсного взаимодействия в многоотраслевой системе хозяйственной деятельности. Решение столь сложного комплекса проблем обуславливает необходимость проработки и внедрения новых парадигм на этапах проектирования, анализа, управления и развития транспортной системы мегаполиса (ТСМ), ее отдельных составляющих и транспортных процессов, которые в ней протекают [1-4]. Такую основу передовых тенденций развития ТСМ составляет ее всесторонняя интеллектуализация. Последнему отведено особое место в основных государственных программах развития транспортной отрасли, а именно в:

– «Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года», поднимается комплекс проблем, связанных с созданием и развитием интеллектуальных транспортных систем (ИТС) с использованием глобальной навигационной системы ГЛОНАСС и современных инфотелекоммуникационных технологий и развитие информационных стандартов и унифицированных перевозочных документов (обеспечивающих реализацию высокоэффективных товаротранспортных логистических технологий);

– «Транспортной стратегии Санкт-Петербурга до 2025 года» указывается на перспективность внедрения в практику средств ИТС, в том числе повышение эффективности системы регулирования дорожного движения с помощью автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД), разработка и реализация комплексной программы развития ИТС, в том числе АСУДД, создание системы мониторинга организации дорожного движения в Санкт-Петербурге;

– Государственной программе города Москвы «Развитие транспортной системы» на 2012-2016 годы и на перспективу до 2020 года, в разделе «Повышение эффективности грузовой логистики» указывается на перспективность внедрения ИТС и инновационных технологий в транспортную отрасль.

Наряду с Россией по данным [4-6] серьезное внимание развитию ИТС уделяют и развитые страны, так Европейский Союз в 2006 году принял политический документ «Европа в движении. Устойчивая мобильность для нашего континента», в котором выдвинута концепция интеллектуальной мобильности (*intelligent mobility*). Согласно данному документу в долгосрочном периоде автомобили, поезда и суда должны иметь столь же развитое оборудование связи, навигации и управления, что и самолеты.

В феврале 2009 году Комиссия ЕС выпуском ЗЕЛеной Книги «TEN-T: Обзор стратегии» начала процесс фундаментального пересмотра политики Трансъевропейской транспортной сети для формирования единой мультимодальной сети, в которой ИТС отводится роль мостового соединения между жесткой инфраструктурой и интеллектуальным транспортом, как ключа к достижению целей транспортной политики.

Проекты ИТС включены в стратегические документы по развитию транспорта, рамочные программы исследований и разработок Евросоюза, в том числе, связанные с использованием GNSS ГАЛИЛЕО, а для обеспечения безопасности дорожного движения в странах Евросоюза активно разрабатываются специальные программы.

Представим наиболее существенные из них:

- ADASIS (Advanced Driver Assistant Systems Interface Specification) – использование точных картографических данных в средствах навигации для получения водителем прогноза ситуации на дороге;

- AIDE (Adaptive Integrated Driver-Vehicle Interface) – использование специального электронного оборудования и программного обеспечения, позволяющего концен-

трировать внимание водителя в момент обгона и отключения функций приборов в салоне автомобиля, отвлекающих внимание во время совершения сложного маневра;

- ERTRAC (The European Road Transport Research Advisory Council) – программа координации взаимодействия Европейских исследовательских институтов в дорожном и транспортном комплексе в целях структурирования и оптимизации НИР в интересах стран Евросоюза;

- eSafety Forum – европейская программа по массовому внедрению систем активной и пассивной безопасности, включающая в себя работы по проекту eCall («экстренный вызов»):

- создание электронных карт для использования экстренными службами;
- изучение эффективности различных каналов передачи информации от автомобиля в диспетчерский центр оператора;
- сотрудничество с участниками американского, японского и других рынков телематических услуг, с целью выработки приоритетных задач и международных стандартов по оказанию экстренной помощи пострадавшим в авариях на дорогах;
- гармонизацию технических решений по передаче информации от автомобиля к автомобилю или от автомобиля к дорожной инфраструктуре
- организацию информирования участников дорожного движения в режиме реального времени о ситуации на дорогах через специальный радиоканал;

- FeedMAP – обеспечение постоянного обновления электронных карт;

- GST (Global System for Telematics) – создание технологической платформы развития сотрудничества, необходимого для развития массового рынка открытых телематических услуг, в первую очередь обеспечивающих сбор, передачу обработку информации для пользователей – участников дорожного движения, скорой медицинской помощи и служб спасения;

- HeavyRoute – программа поддержки быстрых и безопасных грузовых перевозок;

- IP PReVENT – программа внедрения специальных электронных устройств (ADAS – Advanced Driver Assistance Systems), позволяющих водителю получать превентивную информацию о возможных опасностях по ходу движения и избегать аварийных ситуаций;

- MAPS&ADAS (IP PReVENT) – использование электронных карт для повышения безопасности на дорогах;

- SAFESPOT – программа поддержки развития «умных машин» на «умных дорогах»;

- SpeedAlert Forum – информирование водителей о соблюдении установленного скоростного режима;

- ESP21 (European Security Partnership for the 21st Century) – программа формирования комплексного подхода для обеспечения справедливой, правовой, свободной и безопасной жизни в Европе.

- AGILE (Application of Galileo in the Location-Based Service Environment) – программа обеспечения коммерческого использования спутниковой системы Galileo;

- CVIS (Cooperative vehicle-infrastructure systems) – программа взаимодействия автомобилей и дорожной инфраструктуры;

- ENITE (European Network on ITS Training & Education) – программа подготовки специалистов по интеллектуальным транспортным системам;

- EuroRoadS – программа по созданию базы данных о европейской дорожной инфраструктуре;

- FRAME Forum – программа построения архитектуры для Европейской интеллектуальной транспортной системы;
- RCI (Road Charging Interoperability) – программа развития платных дорог;
- Road Traffic Information Group – программа развития информационного сопровождения участников дорожного движения;
- TMC Forum (Traffic Message Channel) – программа информирования участников дорожного движения о реальной дорожной обстановке по специальному выделенному радиоканалу;
- CONNECT, SIMBA – национальные и международные программы по развитию рынка интеллектуальных транспортных систем. Данные программы включают в себя программы развития ИТС в Странах Центральной и Восточной Европы, Бразилии, Индии, Китае, ЮАР, а с 2008 года – в России. Национальным координатором проекта SIMBA-2 в России является Профессиональная Ассоциация противодействия угонам транспортных средств.
- Network of National ITS Associations – программа по развитию международной сети Ассоциаций Интеллектуальных транспортных систем.

Таким образом, обзор развития ИТС представляет серьезную научную задачу, позволяющую всесторонне очертить границы распространения интеллектуальных технологий на область транспортных систем.

#### **Постановка задачи**

Для повышения эффективности развития функционирования транспортной системы мегаполиса, требуется провести обзор существующих программ развития ИТС.

#### **Основная часть**

Согласно [6] проводником понятия ИТС призвано считать междисциплинарный термин телематика, охватывающей области телекоммуникаций, автомобильных технологий, путей сообщения и дорог, безопасность дорожного движения, электротехники и информатики.

Понятие телематика является переводом французского слова «*télématique*», который впервые был предложен Саймоном Нора (Simon Nora) и Аленом Минцем (Alain Minc) в 1978 году в докладе французского правительства по компьютеризации общества. Становление же термина ИТС произошло значительно позднее. Согласно [6] это событие датируется началом 1980-х годов. В это время коалиция частных, общественных и научных организаций убедила Конгресс США поддержать комплексную программу в области «интеллектуальных транспортных средств», которая в 1994 году была переименована в «интеллектуальные транспортные системы», чтобы отразить более широкую сферу распространения транспортных технологий, включая все элементы транспортной системы.

Развитию интеллектуальных транспортных систем (ИТС) посвящено множество трудов российских и зарубежных ученых [1,6]. По данным [1,4,6] наиболее прогрессивно процесс разработки и внедрения ИТС развивается в странах Европы, Японии, Австралии, США и России.

Первым этапом становления ИТС в США призвано считать [1,4,6] появление в 1960 году электронной системы управления маршрутом (Electronic Route Guidance System – ERGS). Позднее концепция ERGS была принята за основу системы автоматического управления маршрутом (Automatic Route Control System – ARCS), разработанной в середине 1970 годов. ARCS представляла собой первый пример автоматизированной системы поддержки маршрута с использованием цифровых карт [6].

В 1980 году исследователи из Университета Калифорнии в Беркли сыграли ключевую роль в организации конференции, которая включала презентации национальных экспертов и участие представителей Федеральной администрации автомобильных дорог. Кульминацией стала встреча девятнадцати транспортных лидеров от правительств

ва, частного сектора и научных кругов в Национальной академии наук США в Вашингтоне, состоявшаяся в июне 1988 года. На данной встрече было принято решение двигаться в направлении планового развития ИТС, под контролем государства и частных организаций. Позднее на проводимых рабочих конференциях в 1989 и 1990 гг. было объявлено о формировании программы развития системы дорог для интеллектуальных транспортных средств (Intelligent Vehicle Highway Systems – IVHS). Пограничным считается 1990 год, когда конгрессом США была признана система IVHS, а к началу 1994 года IVHS Америка была переименована в ИТС Америку.

Самым ранним прообразом ИТС в Европе с 1970 по 1976 годы была система управления автомобильным транспортом с использованием системы радиовещания (Autofahrer Rundfunk Information – ARI) [6]. С 1986 года была учреждена Программа для передвижения по Европе с эффективной и беспрецедентной безопасностью (the Program for European Traffic with Efficiency and Unprecedented Safety – PROMETHEUS). Движущей силой PROMETHEUS был консорциум, состоящий из 18 европейских компаний по производству автомобилей. В ходе развития PROMETHEUS с 1987 по 1994 год разрабатывались многочисленные прикладные программы ИТС, в том числе проекты интеллектуальных транспортных средств ARGO и VITA II. Приемником PROMETHEUS с 1995 года стала программа мобильности передвижения по Европе (Program for Mobility in Transportation in Europe – PROMOTE).

Наряду с программами PROMETHEUS и PROMOTE Европейская комиссия в 1988 году создала программу специализированной дорожной инфраструктуры для безопасности транспортных средств в Европе (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe – DRIVE). Эта программа была сфокусирована на магистральных ИТС и коммуникационной инфраструктуре. Акценты в ней были сделаны на информационные системы для путешественников и управление транспортом. Вторая фаза программы DRIVE II охватывала семь областей: 1) управление спросом; 2) трафик и информация о поездках; 3) интегрированное управление городским транспортом; 4) интегрированное междугороднее управление движением; 5) помощь водителю и кооперативное движение; 6) управление грузовым автопарком; 7) управление городским транзитом. Реализация проекта DRIVE проходила в период с 1989 по 1992 годы. Внедрение понятия «транспортная телематика» в III Рамочную программу ЕС (1990 – 1994 годы) обусловило широкое распространение данного термина. Развитие транспортной телематики и ее приложений было предусмотрено в IV Рамочной программе ЕС (1994–1998 годы).

Первой фазой развития ИТС в Японии призвано считать проект комплексной системы автомобильного контроля (Comprehensive Automobile Control System – CACS), в поддержку которого в 1973 году приняло участие Министерство внешней торговли и промышленности Японии.

В начале 1980-х годов началась работа по проекту развития дорожно-автомобильной коммуникационной системы (Road/Automobile Communication System – RACS), которая легла в основу нынешней системы автомобильной навигации. Дальнейшее развитие ИТС Японии получает в проектах CIMS (Control Intelligent Management System) - интеллектуальная система контроля и ASV (Advanced System of Vehicle) – система поддержки процесса управления транспортными средствами. Параллельно в 1989 году иницируются работы в направлении адаптивной автоматизированной системы управления трафиком (Adaptive Responsive Traffic System – ARTS).

В Австралии Департамент главных дорог в 1970 году устанавливает первую систему, которая охватывает 30 сигнализируемых перекрестков с централизованным контролем и возможностью адаптивного управления трафиком (Traffic responsive Capabilities – TRC). В 1985 году устанавливается система второго поколения адаптивным управлением дорожного движения (Traffic Responsive Adaptive Control – TRACS).

Дальнейшее развитие системы TRACS позволяет создать в 1998 году первую версию ИТС STREAMS. Данная система представляла собой интегрированную интеллектуальную транспортную систему, обеспечивающую управление циклами светофорного регулирования, управление и отслеживание инцидентов, управление трафиком на автомагистрали, информирование путешественников и сопровождение парковки. На рисунке представлен исторический анализ развития ИТС.

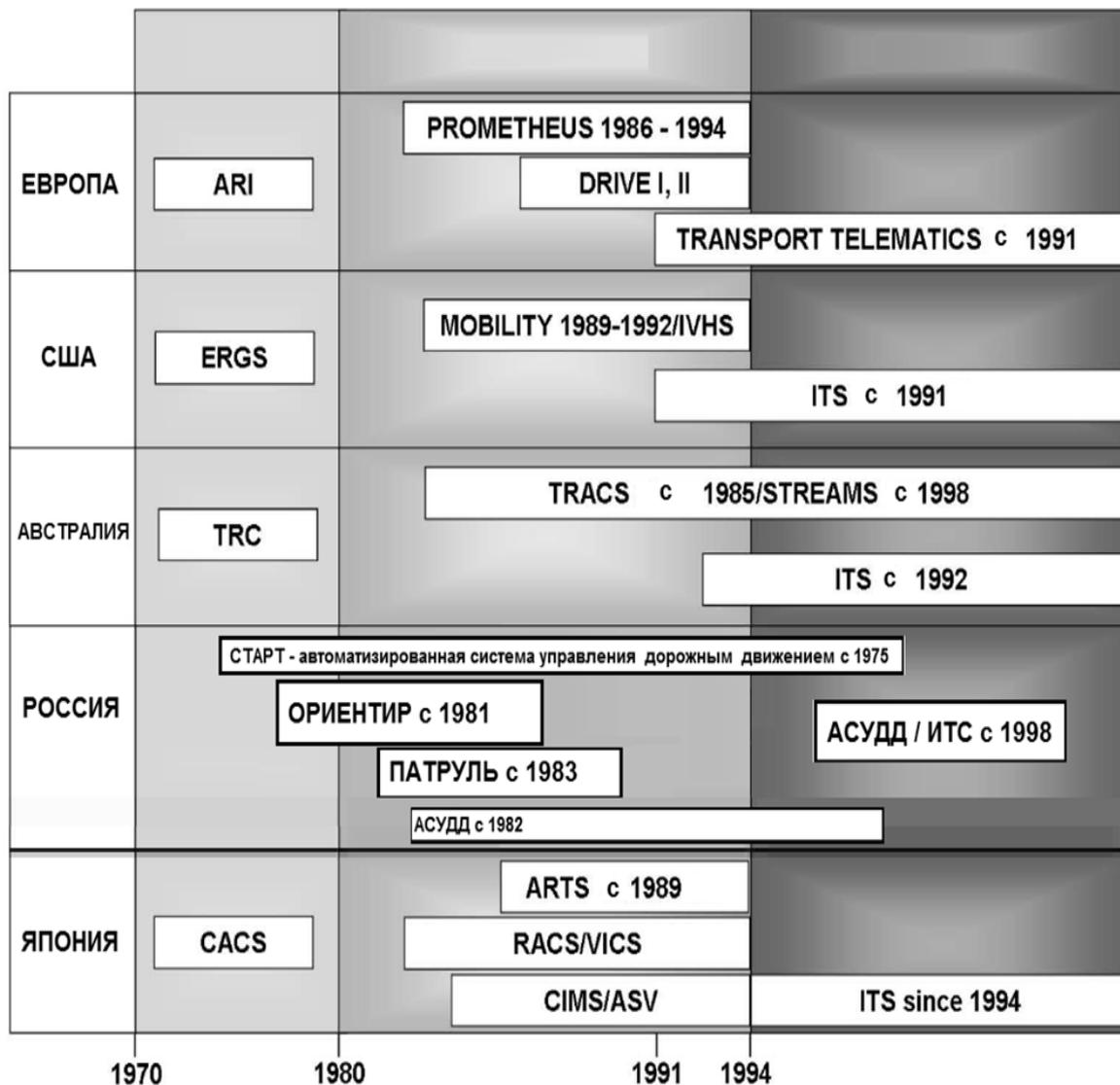


Рисунок – Стадии развития ИТС

ИТС гражданского применения в России началась в 1975 году с разработки Системы телеавтоматического управления дорожным движением (Система «Старт»). В 1981 году реализуются первые исследования в области транспортных информационно-управляющих радиоэлектронных систем. В рамках НИР «Ориентир» сотрудниками Омского политехнического института проводятся предварительные исследования возможности применения сигналов фазовой радионавигационной системы «Omega» для местоопределения автомобилей в городских условиях, а в 1982 году был испытан экспериментальный образец системы местоопределения милицейских патрульных автомобилей.

В 1983 году сотрудники Московского научно-исследовательского института автоматической аппаратуры и Ленинградского научно-исследовательского радиотехнического института приступили к разработке автоматической системы управления передвижением подвижных милицейских групп города Москвы с использованием системы «Чайка» и системы «Патруль».

В середине 1980-х гг. в России начинается разработка первой автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД) «Сигнал», выполняемая НПО «Автоматика». Дальнейшее развитие АСУДД в России проходило под воздействием западных технологий. Начиная с 1998 года приступили к созданию национальной ИТС.

В виду того, что за последние годы, термин ИТС претерпевал некоторые изменения, транспортной науки пока не существует его однозначного определения.

Наиболее принятые толкования ИТС используемые в научных трудах российских и зарубежных ученых представим в таблице 1.

*Таблица 1 – Используемые определения понятия ИТС*

| № | Определение  |
|---|--|
| 1 | ИТС – это телематическая транспортная система, обеспечивающая реализацию функций высокой сложности по обработке информации и выработке оптимальных (рациональных) решений и управляющих воздействий  |
| 2 | ИТС представляют собой системы поддержки процесса перевозки товаров и людей с информационно-коммуникационными технологиями в целях эффективного и безопасного использования транспортной инфраструктуры и транспортных средств (легковые автомобили, поезда, самолеты, корабли).   |
| 3 | ИТС это передовые приложения, которые, не воплощая искусственный интеллект как таковой, направлены на предоставление инновационных услуг, связанных с различными видами транспорта и управления дорожным движением, которые позволяют различным пользователям быть лучше информированными для более безопасного, скоординированного и умного использования транспортных сетей.         |
| 4 | ИТС относятся к интеграции информационно-коммуникационных технологий с транспортной инфраструктурой с целью повышения экономической эффективности, безопасности, мобильности и экологической устойчивости в интересах всех европейских граждан.  |
| 5 | ИТС – это системы, создаваемые на основе интеграции средств автоматизации контроля и управления транспортом, информационных и коммуникационных технологий, ГНСС, динамических геоданных и единой информационной среды в транспортную инфраструктуру, транспортные средства, ориентированные на повышение безопасности и эффективности транспортных потоков и пользователей транспорта. |

Таким образом, согласно [1], передовые ИТС сегодня охватывают такие функции как управление дорожным движением, управление общественным транспортом, управление техническими системами транспортных средств, электронный сбор платежей, управление чрезвычайными ситуациями на транспорте, управление грузами и гру-

зоперевозками, информационное обеспечение участников дорожного движения и кооперативные технологии.

Последние работы свидетельствуют о перспективах серьезной интеграции ИТС с системами организации городской среды [1], городской и транспортной логистикой [2,3], системами транспортного планирования и моделирования транспортных процессов [6-9], системами оценки эффективности показателей развития городских и региональных транспортных систем, тем самым открывая дорогу системам более высокого уровня функций интеллектуализации [4].

Множество приведенных Европейских программ развития ИТС, свидетельствует о начале конкурентной борьбы за приоритет на будущем мировом рынке ИТС, во многом определяемый техническими стандартами функционирования смежных систем.

Для России реализация ИТС носит стратегический характер, определяя конкурентоспособность страны на мировом рынке, и в связи со значительной капиталоемкостью может быть реализована только при непосредственном участии государства.

Глобальный рынок ИТС оценивается к 2015 году в 313 млрд. евро, европейский – 140 млрд. евро. Потенциальный объем российского рынка технологий и сервисов ИТС сравним с американским и европейским.

Ожидаемый социально-экономический эффект от внедрения систем информационного обеспечения транспортного комплекса России, по прогнозам, составит до 10% прироста ВВП, сокращение ДТП на 30%, снижение потребления топлива на 20 % и повышение занятости населения на 5 %, что в свою очередь повысит эффективность экономики России в целом и, как следствие, качество жизни населения.

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. 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.

2. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. О логико-алгебраическом представлении транспортно-логистического процесса // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2014. № 4 (200). С. 57-68.

3. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А., Стариченков А.Л. Особенности построения системы городского транспортно-логистического мониторинга // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета ЛЭТИ. 2015. Т. 1. С. 29-36.

4. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Использование систем класса ГАТЛО-СЭМИ 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.

5. Nowacki G. Development and Standardization of Intelligent Transport Systems // TransNav, the Internat. J. on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. 2012. Vol. 6. No. 3. P. 403-411.

6. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Методы и модели построения матриц транспортных корреспонденций // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 2-3 (217-222). С. 49-70.

7. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Формальное построение цепочек транспортной активности городского населения // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 4 (224). С. 91-104.

8. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Моделирование транспортных потоков мегаполиса с вводом новых видов водного внутригородского пассажирского транспорта // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 2 (30). С. 69-80.

9. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Применение метода имитационного моделирования для оценки эффективности новых видов городского пассажирского транспорта // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 3 (31). С. 83-92.

## ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*Мирфатуллаев Мир-Гусейн Мир-Шамиль оглы – доктор технических наук, Президент Межрегиональной межотраслевой строительной ассоциации саморегулируемых и профессиональных отраслевых организаций «Безопасность» (Ассоциация СРО «МОАБ»)*

*Аннотация.* Проанализированы основные цели Федеральной программы по пожарной безопасности на транспорте. Приведены основные положения работы пожарной охраны на железнодорожном транспорте в свете концепции единой технической политики ОАО «РЖД».

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, транспорт, подвижной состав

## FIRE SAFETY ON RAILWAY TRANSPORT

*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"*

*Abstract.* Main objectives of the Federal program for fire safety on transport are analysed. Basic provisions of work of fire protection are given in railway transport by the principles of the concept of uniform technical policy of JSC "Russian Railways".

*Keywords:* fire safety, transport, rolling stock.

В России с каждым годом больше внимания уделяется пожарной безопасности на транспорте. Особое приоритетное значение в этом вопросе имеет пожарная безопасность транспорта, обеспечивающего пассажирские и грузовые перевозки. Пожары на транспорте составляют более 10 % от всех пожаров и занимают второе место после пожаров в жилье. Угроза жизни при пожаре по статистике возникает в связи с технической неисправностью транспорта вследствие его неквалифицированной эксплуатации (нарушение периода ТО, превышение допустимой нагрузки и т.д.). Обеспечение комплексной безопасности современной отечественной транспортной системы – важнейшей инфраструктурной отрасли экономики России, а также безопасности населения на транспорте – одна из приоритетных задач государства. Для ее реализации распоряжением Правительства РФ от 30.07.2010 № 1285-р утверждена и выполняется "Комплексная программа обеспечения безопасности населения на транспорте", призванная до

2014 г. обеспечить высочайший уровень защиты объектов транспортной инфраструктуры, транспортного парка и жизни людей от террористических и техногенных угроз, в том числе – пожара на транспорте.

В основе решения главной задачи программы – обеспечения безопасности пассажиров на транспорте – лежит необходимость комплексного оснащения транспортного парка современными техническими системами и средствами противопожарной защиты. Разработка и внедрение таких систем сегодня – это острая необходимость.

В Федеральной программе по пожарной безопасности на транспорте этой проблеме уделено большое внимание. Определены направления исследований пожарной безопасности подвижного состава, показана актуальность развития теории пожара на транспортных средствах. Внедрение новых технических средств пожаротушения требует совершенствования методов оценки пожаро- и взрывоустойчивости автотранспортного подвижного состава.

Состояние проблемы пожарной безопасности транспортных средств указывает на необходимость объединения усилий специалистов в области безопасности воздушного, морского, речного, железнодорожного и автомобильного транспорта. Это связано как с назначением транспорта, так и с вероятностью пожара или взрыва транспортных средств в процессе их взаимодействия, например, автомобиля на пароме, при столкновении автомобиля с поездом или при тушении самолета пожарными автомобилями.

**Железнодорожный транспорт** является одним из самых распространенных ныне средств передвижения.

Основными причинами пожаров и взрывов на железнодорожном транспорте является неосторожное обращение с огнём, искры локомотивов, печей вагонов – теплушек, котлов отопления пассажирских вагонов, а также технические неисправности. На эту группу причин приходится более 60% всего количества пожаров и взрывов. Примерно по 10% приходится на нарушения государственных стандартов и правил погрузки (вызывающие самовозгорание, трение упаковочной проволоки и т.п.), на попадание неустановленного источника зажигания внутрь вагонов и контейнеров или на открытый подвижной состав. Далее по степени убывания идут неисправность электрооборудования, недосмотр за приборами отопления и их неисправность, аварии и крушения, искры электросварки и прочие причины.

Следует отметить, что наибольшее количество пожаров возникает на подвижном составе (примерно 80% общего количества пожаров на железнодорожном транспорте). Это вызывает необходимость разработки более эффективных мероприятий по предупреждению пожаров в грузовых и пассажирских вагонах, а также на локомотивах.

#### **Обеспечение пожарной безопасности**

Для обеспечения пожарной безопасности в грузовом подвижном составе важное значение имеет постоянный контроль за качеством подготовки вагонов к перевозкам грузов, особенно пожаро- и взрывоопасных грузов, а также за выполнением грузоотправителями требований Правил погрузки и перевозок в вагонах, в том числе при сопровождении проводниками. При осмотре и подготовке вагонов под погрузку особое внимание необходимо обращать на исправность кузова и крыши, на плотность прилегания дверей и люков, на исправность запоров. Тщательного осмотра и приёмки в поездах требуют вагоны, загруженные особо опасными и легковоспламеняющимися грузами. При обнаружении щелей и отверстий в кузове вагона, неплотностей в дверях, люках, печных разделках и т.п. неисправности немедленно устраняют или производят перегрузку грузов в исправные вагоны.

В подвижном составе необходимо на станциях формирования поездов проверить исправность отопительных устройств, осветительных приборов и электропроводки, а в пути следить за соблюдением пассажирами Правил пожарной безопасности, особенно в отношении провоза опасных грузов, запрещённых к перевозке в пассажирских вагонах.

Перед отправлением в рейс локомотивная и поездная бригада обязаны тщательно проверить наличие и исправность противопожарного оборудования и других средств защиты, установленных противопожарными нормами.

В противопожарных целях в поездах нельзя перевозить легковоспламеняющиеся и взрывчатые вещества и курить где либо, кроме нерабочего тамбура.

Необходимо использовать для тушения пожара подручные средства, в том числе воду из туалетов и бака для кипячения воды, и огнетушители, висящие в коридорчиках перед туалетами.

При угрозе пожара надо немедленно покинуть вагон через тамбурные двери и аварийные выходы. В крайнем случае выбить оконные стекла подручными предметами.

Пожар в поезде страшен не пламенем, а в первую очередь ядовитыми продуктами горения синтетических отделочных материалов.

Для организации тушения пожаров и профилактической работы существует ведомственная охрана железнодорожного транспорта.

Ведомственная охрана железнодорожного транспорта имеет богатую и героическую историю. 9 декабря 1921 г. по инициативе народного комиссара путей сообщения Ф.Э. Дзержинского ВЦИК совместно с Советом труда и обороны принимают "Декрет об организации складов, пакгаузов и кладовых, а равно и сооружений на железнодорожных и водных путях". Этот день принято считать датой создания военизированной (ведомственной) охраны железнодорожного транспорта.

В связи с принятием Федерального закона "О ведомственной охране" военизированная охрана МПС России была преобразована в ведомственную охрану МПС России.

Этот Федеральный закон также предусмотрел необходимость выполнения ведомственной охраной ряда функций, связанных с обеспечением на охраняемых объектах пожарной безопасности.

Последующие в 2003 г. и позже реорганизации федеральных органов исполнительной власти и реформирование железнодорожного транспорта носили столь кардинальный характер, что фактически пришлось вновь создавать систему обеспечения пожарной безопасности на железнодорожном транспорте.

В то же время переход на рыночный механизм хозяйствования привёл к созданию ОАО "Российские железные дороги" (ОАО "РЖД"). Было очень важно при осуществлении реформ не допустить снижения уровня пожарной безопасности объектов и железнодорожного подвижного состава.

В развитие концепции единой технической политики ОАО «РЖД» в компании введена в действие система управления пожарной безопасностью, которая позволит повысить эффективность деятельности в данном направлении.

Для ОАО «РЖД» это значительный шаг вперёд.

В заключение хочу сказать, что железная дорога – сложный и многофункциональный механизм. Возникновение в нём любой нештатной ситуации, связанной с пожаром, аварией и т. д., ведёт к сбою в работе большого организма. Для того чтобы этот сбой был минимальным, а ликвидация инцидента была произведена тактически грамотно и в максимально сжатые сроки, создаётся ведомственную нормативная база по многим направлениям ведения боевых действий при ликвидации пожаров и различных ЧС.

#### *Список литературы*

1. Гадышев В.А., Мирфатуллаев М.М. Модель выбора инвестиционной стратегии в области пожарной безопасности субъекта РФ // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2011. № 4 (20).

2. Мирфатуллаев М.М. Формирование инвестиционной стратегии в области пожарной безопасности опасных производственных объектов субъекта Российской Фе-

дерации приростным методом // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2013. № 3. С. 96-100.

3. 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.

УДК 656.13(1-21): 621.43.06:504.3.064.36:338.14

## **ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ОПАСНЫМИ ПОЛЮТАНТАМИ, ВЫДЕЛЯЮЩИМИСЯ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ И РЕЧНЫХ СУДОВ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)**

*Ложкина Ольга Владимировна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры физико-химических процессов горения и тушения*

*Ложкин Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства, заслуженный деятель науки Российской Федерации*

**Бесков Максим Сергеевич**

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Аннотация.* Представлены результаты численных исследований опасного загрязнения атмосферы выбросами CO, NO<sub>x</sub> и PM автомобилями и речными судами в зоне совместного воздействия в окрестности Большого Обуховского моста Санкт-Петербурга при неблагоприятных транспортных и метеорологических условиях.

*Ключевые слова:* автотранспортные средства, речные суда, выбросы загрязняющих веществ, численные исследования

## **NUMERICAL INVESTIGATIONS OF EXTREMELY DANGEROUS URBAN AIR POLLUTION NEAR ST. PETERSBURG BIG OBUKHOV BRIDGE BY EXHAUST EMISSIONS FROM VEHICLES AND RIVER VESSELS ENGINES**

*Lozhkina Olga V. – PhD in Sci. Chem, Ass. Prof.*

*Lozhkin Vladimir N. – Dr. Sci. Tech., Professor, Honored scientist of the Russian Federation*

**Beskov Maxim S.**

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract.* Presents the results describes the results of numerical investigations of air pollution by exhaust emissions of CO, NO<sub>x</sub> and PM from vehicles and river vessels in the zone of their joint influence near St. Petersburg Big Obukhov bridge at adverse traffic and transport conditions.

*Keywords:* motor transport, river vessels, pollutants emissions, numerical investigations

**Введение.** Санкт-Петербург – водная столица России, расположен на берегу Финского залива. В черте города находятся 45 рек, рукавов, протоков и 40 искусственных каналов общей протяженностью около 300 км; протяженность реки Нева в черте города – 28 км. Навигация начинается в начале апреля, а заканчивается в конце ноября. Основное отличие речных пассажирских и коммерческих 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.

Опасное локальное воздействие судов на качество атмосферного воздуха происходит в местах расположения пассажирских и грузовых портов, причалов, пристаней, разгрузочных площадок, при маневрировании или начале движения, передвижении по рекам в акватории города. Особенно опасно такое воздействие, если порты располагаются в черте городской жилой застройки. Такие выбросы характеризуются определенной периодичностью поступления, связанной с технологическим циклом обработки судов, отсутствием подфакельной чистой зоны, присущей организованным выбросам в атмосферу [1,2].

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России совместно с АО «НИИ «Атмосфера», ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова» проводят экспериментально-расчетные исследования по оценке и прогнозированию загрязнения атмосферного воздуха на границах установленных санитарно-защитных зон, в районах морских и речных портов, в окрестностях судоходных путей, а также в зонах совместного негативного воздействия автомобильного транспорта и речных судов. Одной из таких неблагоприятных зон являются окрестности Большого Обуховского моста, по которому проходит самая оживленная автомагистраль города – КАД Санкт-Петербурга, - и вблизи которого расположены Невский грузовой район и пассажирский терминал речного порта (рис. 1).



*Рисунок 1 – Загрязнение воздуха речными судами и автотранспортом в окрестностях Большого Обуховского моста Санкт-Петербурга, август 2016 г.*

**Методы, объекты исследования и расчетные сценарии.** В данном исследовании были проанализированы гипотетические сценарии закономерно повторяющихся ситуаций чрезвычайного локального загрязнения воздуха выбросами двигателей транспортных средств при сочетании неблагоприятных транспортных и метеорологических условий, способствующих накоплению ЗВ в атмосфере.

Для реализации численных исследований загрязнения воздуха вблизи Большого Обуховского моста опасными поллютантами, содержащимися в отработавших газах двигателей автомобилей и речных судов, были использованы «Методика для определе-

ния выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов» (Санкт-Петербург, ОАО "НИИ Атмосфера", 2010), разработанная с нашим участием и актуализированная нами в 2016 г. [3-5], а также «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86». Расчеты были произведены с помощью программного обеспечения «Магистраль» и «Эколог» НПФ «Интеграл».

В качестве исходных условий для численного исследования рассматривалось два сценария, учитывающих реальное движение судов в акватории Большого Обуховского моста и интенсивность движения автотранспортных средств на Большом Обуховском мосту. По первому сценарию на причале пассажирского порта в Уткиной заводи одновременно на стоянке находились три теплохода 588, 92-016 и 301 проекта, соответственно, при работе вспомогательных двигателей и котлов. По второму сценарию эти же теплоходы готовились к отправке в рейс с работающими вспомогательными и основными двигателями, а по реке Неве двигался теплоход «Метеор», оснащенный дизельным двигателем типа 342Э.

**Результаты и обсуждение.** Удельные выбросы дизельных судовых установок, приведенные в работе [1], были переведены из единиц измерения «г/кВтч» в единицы измерения «г/с» по формуле, предложенной в ГОСТ Р 56163-2014, и представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Удельные выбросы судовых дизельных двигателей

| Проект   | Тип двигателя       | Мощность дизельной установки | Дымность ОГ, % | Удельные выбросы, г/с               |      |                 |      |                 |      |                 |      |
|----------|---------------------|------------------------------|----------------|-------------------------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
|          |                     |                              |                | Режим работы Ре/Ре <sub>н</sub> , % |      |                 |      |                 |      |                 |      |
|          |                     |                              |                | 25%                                 |      | 50%             |      | 75%             |      | 100%            |      |
|          |                     |                              |                | NO <sub>x</sub>                     | CO   | NO <sub>x</sub> | CO   | NO <sub>x</sub> | CO   | NO <sub>x</sub> | CO   |
| 588      | 6NVD48              | 294 кВт                      | 6,0-18,0       | 11,11                               | 2,61 | 2,07            | 0,46 | 1,27            | 0,22 | -               | -    |
| 301, 302 | 6ЧРН36/45 (ЭГ70-5)  | 742 кВт                      |                | -                                   | -    | 3,00            | 0    | 2,66            | 0    | 2,10            | 1,22 |
| 92-016   | 6ЧРН 36/45 (ЭГ70-5) | 742 кВт                      | 0-13           | -                                   | -    | 2,93            | 0    | 2,37            | 0,14 | 2,04            | 0,60 |
| 342Э     | 12ЧНС18/20          | 992 кВт                      | 20-30          | 6,92                                | 0,80 | 6,59            | 0,41 | 5,51            | 0,88 | 4,57            | 1,40 |

Негативной особенностью российского речного флота является экстремально высокий возраст эксплуатируемых судов: 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.

Интенсивность движения АТС (авт./ч) на участке КАД, проходящем по мосту, в час пик составляет в среднем 7900 легковых автомобилей, 1600 единиц легкого коммерческого транспорта, 330 грузовых автомобилей массой от 3.5 до 12 т, 1850 грузовых автомобилей > 12 т; скорость движения варьируется в диапазоне 70-110 км/ч.

Результаты численных исследований, выполненные для гипотетической ситуации неблагоприятного сочетания транспортных и метеорологических условий (скорость ветра < 1 м/с, температурные инверсии) свидетельствуют о том, что при реализации 1-ого сценария энергетические установки судов могут создавать устойчивое воздействие на качество атмосферного воздуха в районе порта во время стоянки.

Загрязнения по NO<sub>x</sub>, при этом, могут составлять до 7 ПДК (рис. 2а), по канцерогенным частицам сажи до 1,5 ПДК, по СН – 0,5 ПДК. Непосредственно на мосту при высокой транспортной нагрузке (до 12 тысяч авт/ч) также возможно возникновение чрезвычайного локального загрязнения воздуха NO<sub>x</sub> с превышением ПДК NO<sub>2</sub> в 10 и

более раз и высокого загрязнения воздушного бассейна в прилегающих окрестностях с превышением ПДК NO<sub>2</sub> в 2-5 раз (рис. 2а).

При реализации второго сценария энергетические установки судов при неблагоприятных метеорологических условиях будут оказывать более опасное воздействие на прилегающую водную акваторию.

Загрязнения по NO<sub>x</sub> могут составлять до 14 ПДК (рис. 2б), по канцерогенным частицам сажи – до 1,8 ПДК, по SO<sub>2</sub> – до 1,2 ПДК, по СН – 0,7 ПДК, по СО – 0,5 ПДК. Автотранспортные потоки будут вносить такой же вклад, как в предыдущем сценарии (табл. 2). Дополнительное локальное негативное воздействие будет оказывать «метеор»: до 1,5 ПДК по диоксиду азота (рис. 2б).

Таблица 2 – Показатели удельных выбросов автомобилей

| Категория АТС           | Удельные выбросы, г/с |                 |       |                     |                     |
|-------------------------|-----------------------|-----------------|-------|---------------------|---------------------|
|                         | СО                    | NO <sub>x</sub> | СН    | Сажа                | SO <sub>2</sub>     |
| Легковые                | 0,10                  | 0,025           | 0,022 | $5,2 \cdot 10^{-6}$ | $4,2 \cdot 10^{-4}$ |
| ЛКТ < 3,5 т             | 0,23                  | 0,058           | 0,067 | $2,8 \cdot 10^{-5}$ | $7,8 \cdot 10^{-4}$ |
| Грузовые от 3,5 до 12 т | 0,19                  | 0,19            | 0,14  | $3,0 \cdot 10^{-4}$ | $1,4 \cdot 10^{-3}$ |
| Грузовые > 12 т         | 0,20                  | 0,24            | 0,18  | $3,9 \cdot 10^{-4}$ | $2,0 \cdot 10^{-3}$ |
| Автобусы > 3,5          | 0,14                  | 0,17            | 0,13  | $2,2 \cdot 10^{-4}$ | $1,2 \cdot 10^{-3}$ |

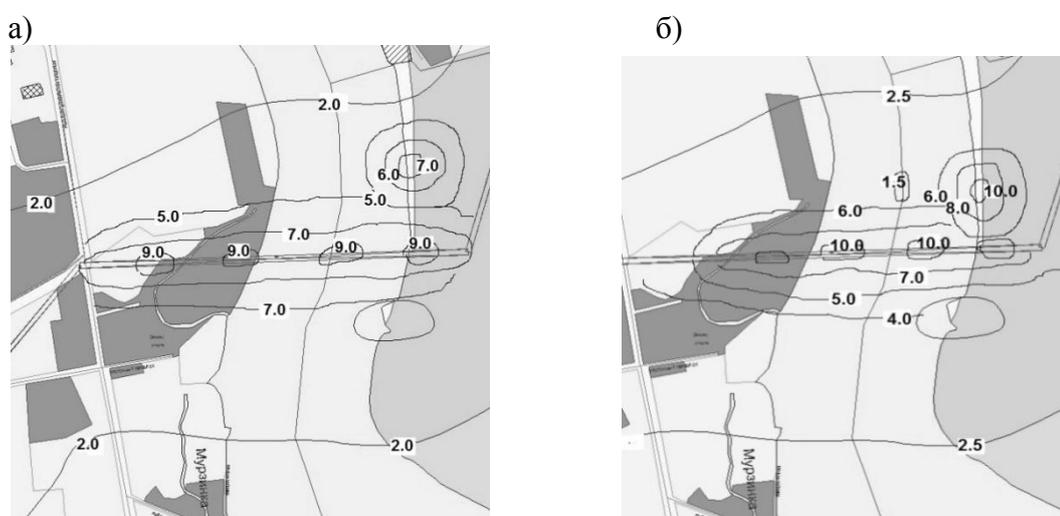


Рисунок 2 – Карта загрязнения воздуха речными судами и автотранспортом вблизи Большого Обуховского моста при реализации первого расчетного сценария (а) и второго расчетного сценария (б)

**Заключение.** Проведенное численное исследование по гипотетическим сценариям подтверждает возможность возникновения чрезвычайного локального загрязнения воздуха в акватории Большого Обуховского моста при сочетании неблагоприятных метеорологических факторов (штилевой погоде, температурных инверсиях) и транспортных факторов (интенсивного движения автотранспорта, речных судов и при пуске и прогреве основных двигателей речных судов). Следует обратить внимание на то обстоятельство, что уровень загрязнения воздуха оксидами азота и частицами сажи от ав-

тотранспортного потока, до 8-12 ПДК по NO<sub>x</sub> и 2-4 ПДК по саже, непосредственно на автомагистрали сопоставим с уровнем загрязнения воздуха от трех круизных теплоходов при подготовке последних к отправке в рейс, когда происходит запуск и прогрев главных двигателей при одновременной работе вспомогательных двигателей и котлов. Это обстоятельство, по-видимому, объясняется тем, что в структуре автотранспортного потока на КАД Санкт-Петербурга в последние года наблюдается заметное увеличение доли грузового дизельного транспорта со сроком эксплуатации более 10 лет.

#### *Список литературы*

1. Иванченко А.А. Комплексное снижение вредных выбросов дизельными установками речных судов / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / СПбГУВК. Санкт-Петербург. 1998.
2. Иванченко А.А., Петров А.П., Живлюк Г.Е. Энергетическая эффективность судов и регламентация выбросов парниковых газов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 3 (31). С. 103-112.
3. 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. P. 178-189.
4. Lozhkina O.V., Lozhkin V.N. Estimation of nitrogen oxides emissions from petrol and diesel passenger cars by means of on-board monitoring: effect of vehicle speed, vehicle technology, engine type on emission rates // Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2016. V. 47. P. 251-264.
5. Невмержицкий Н.В., Ложкина О.В., Ложкин В.Н. Расчетная методика и компьютерная программа для оценки и прогнозирования загрязнения воздуха на автомагистралях мелкодисперсными взвешенными частицами PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub> // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 2 (55). С. 206-209.

УДК 681.142.6

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИЛ И СРЕДСТВ МЧС РОССИИ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ МУЗЕЙНЫХ ЦЕННОСТЕЙ**

*Богданов Алексей Валентинович – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, заместитель директора Государственного Эрмитажа*

*Аннотация.* Рассматриваются вопросы информационного обеспечения процессов управления силами и средствами МЧС по безопасной транспортировке музейных ценностей, использование которых, позволит сократить время, затрачиваемое на подготовку и принятие решения должностными лицами органов управления в критических ситуациях и повысить эффективность решения поставленных задач.

*Ключевые слова:* безопасность, транспортировка, транспортная система, информационное обеспечение, музейные ценности.

**INFORMATION SUPPORT OF FORCES AND MEANS OF EMERCOM OF  
RUSSIA IN THE ORGANIZATION OF TRANSPORTATION OF MUSEUM  
VALUES**

*Abstract. Questions of data security management processes, forces and means of the MES for the safe transportation of Museum property, the use of which will reduce the time spent on the preparation and adoption of decisions by officials of the administration in critical situations and to improve the efficiency of tasks.*

*Keywords: safety, museum, transportation, transport system, information support, museum values.*

Обеспечение безопасности культурных ценностей – неотъемлемая составляющая часть государственной политики РФ в области культуры. Постоянно растущий спрос на предметы старины, нестабильность экономической ситуации требуют повышения уровня защищенности объектов культуры с учетом всех аспектов *безопасности на всех этапах жизненного цикла музейных ценностей, включая их транспортировку*. Деятельность музеев становится важной составной частью современной инфраструктуры экономики, деятельным элементом современных рыночных отношений. *Возрастание размеров финансовых потоков, материальных и культурных ценностей в сфере культуры актуализирует проблемы обеспечения безопасности музейно-выставочной деятельности, предполагающей транспортировку музейных ценностей и позволяет рассматривать ее решение, как специфическую разновидность задачи по предупреждению чрезвычайных ситуаций (ЧС) и обеспечение безопасности потенциально опасных объектов (ПОО)*. Учитывая процессы глобализации, затрагивающие и музейную сферу деятельности государства, транспортировка музейных ценностей, в общем случае, предполагает задействование различных ресурсов транспортного комплекса страны [1,2].

*Транспортный комплекс*, включает в себя транспортную инфраструктуру в полном объеме: все виды транспортных средств, включая подземный, а также трубопроводы, все виды дорог и путей, мосты и тоннели, контактные линии, все виды станций и вокзалов, стоянки автотранспортных средств, судов, все виды морских и речных портов и портовых средств, гидротехнические сооружения, аэродромы, аэропорты, объекты системы связи, навигации и управления движением транспортных средств, а также все иные объекты обеспечивающие функционирование транспортного комплекса: строения, устройства и оборудования. По диапазону и уровню возможных угроз транспортная инфраструктура относится к числу наиболее критических из объектов.

Безопасность транспортировки музейных ценностей может быть повышена, а себестоимость перевозок, особенно международных, может быть существенно снижена при правильном выборе вида транспорта и маршрута, с учетом особенностей транзитных стран и регионов.

Поэтому сегодня *целесообразно ориентироваться на сложные интегрированные информационные системы, в которых имеются соответствующие модули управления логистикой*.

Кроме того, решению задач по внедрению информационных технологий обеспечения безопасности транспортировки музейных ценностей будут способствовать [3]:

- создание информационного ресурса транспортного обеспечения музейного комплекса;
- создание системы мониторинга состояния и безопасного функционирования средств обеспечения транспортировки музейных ценностей;
- создание системы сбора и обработки статистической информации по безопасности транспортного комплекса;

- создание единого информационного пространства взаимодействия сил и средств обеспечения транспортировки музейных ценностей;
- создание системы логистических центров и информационного сопровождения перевозок в международных транспортных коридорах;
- создание системы информационного и технологического взаимодействия отдельных видов транспорта в едином транспортном комплексе в процессе обеспечения транспортировки музейных ценностей.

В рамках данной цели деятельность специализированных аварийно-спасательных служб во взаимодействии с МЧС России должна быть обеспечена соответствующей оперативной и актуальной информацией, обеспечивающей принятие обоснованных решений, направленных на повышение уровня защищенности транспортной инфраструктуры и транспортных средств, обеспечивающих безопасность перевозок музейных ценностей. Особую актуальность реализация этой цели приобретает в условиях применения транспорта на так называемых «проблемных» территориях, характеризующихся широким спектром угроз и факторов деструктивного воздействия на перевозимые грузы.

Опыт применения сил и средств МЧС России по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на проблемных территориях показывает, что реальные возможности определяются не столько потенциальными, сколько реализуемыми возможностями сил и средств, а степень их реализации находится в непосредственной зависимости от качества информационного обеспечения лиц принимающих решения (ЛПР) по эффективному управлению безопасной транспортировкой ценных грузов (рис. 1).

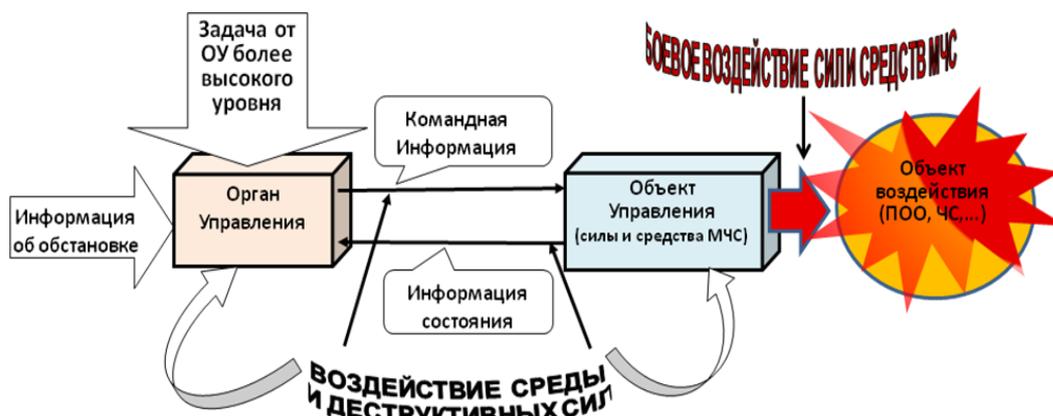


Рисунок 1 – Процесс управления силами и средствами МЧС России по обеспечению безопасной транспортировки музейных ценностей

Многочисленный и разнообразный характер используемых информационных систем с одной стороны и комплексный характер опасности возникновения ЧС на проблемных территориях с другой стороны требуют, для эффективного решения проблемы соответствующего комплексного информационного обеспечения, основанного на современных информационных технологиях, системах космического мониторинга и базах картографических данных, направленных на повышение эффективности функционирования органов управления по выявлению источников ЧС, снижению риска их возникновения, оперативному реагированию и смягчению последствий ЧС.

Такие системы призваны обеспечить органы управления МЧС оперативными, достоверными и полными данными о размещении потенциально опасных объектов, отображать характер и размеры возможной угрозы, осуществлять моделирование, мо-

мониторинг и прогнозирование развития параметров чрезвычайных ситуаций до опасных значений и возможных последствий, эффективно проводить аварийно-спасательные мероприятия.

Важнейшей составной частью процесса управления силами МЧС России является процесс освещения обстановки, обеспечивающий органу управления формирование в реальном масштабе времени адекватной информационной модели обстановки.

Целью процесса освещения обстановки является обеспечение командования и органов управления координатно-объектовой информацией об обстановке по своим силам, ПОО, другим объектам, находящимся на проблемных территориях, в воздушном пространстве, в прибрежной части операционной зоны действий сил МЧС России, а также о параметрах физической среды действия этих сил и объектов, необходимой для принятия обоснованных решений.

В рамках решения задач по предупреждению и ликвидации последствий ЧС на проблемных территориях необходима интеграция информационных систем различных ведомств и назначения, как элементов соответствующих систем автоматизации управления.

В связи с этим на первый план выходит проблема создания единого информационного пространства (ЕИП) МЧС России, использование которого может обеспечить существенное повышение качества информационной поддержки процессов управления во всех областях деятельности МЧС, в том числе и при организации транспортировки музейных ценностей.

#### *Список литературы*

1. Богданов А.В., Малыгин И.Г. Проблема организации транспортировки музейных ценностей // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2009: материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб. 2009.
2. Богданов А.В. Обеспечение транспортировки музейных ценностей // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2012: материалы Международной научно-практической конференции. СПб. 2012.
3. Богданов А.В., Краснов А.В. Информационная система обеспечения безопасности крупных музейных комплексов // Пожаровзрывобезопасность. 2007. № 1.

УДК 621.39, 629, 654, 004.89, 510.67

## **РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

*Селиверстов Святослав Александрович – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий*

*Селиверстов Ярослав Александрович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий*

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

*Аннотация. Рассматриваются вопросы исследования и разработки структурной схемы системы городского транспортно-логистического мониторинга. Исследованы существующие российские и зарубежные технологии транспортного мониторинга. Осуществлена сравнительная оценка по основным характеристикам глобальных навигационных систем. Произведена постановка задачи построения системы город-*

ского транспортно-логистического мониторинга. Обоснован состав подсистем системы городского транспортно-логистического мониторинга.

Ключевые слова: транспортный мониторинг, идентификация, аутентификация, местоопределение, интеллектуальная транспортная система.

## DEVELOPMENT OF STRUCTURAL SCHEME OF URBAN TRANSPORTATION AND LOGISTICS MONITORING

*Seliverstov Svyatoslav – PhD, Researcher of the Laboratory of Problems of Development of Transport Systems and Technologies*

*Seliverstov Yaroslav – PhD, Senior Researcher of the Laboratory of Problems of Development of Transport Systems and Technologies*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

Abstract. Discusses issues to research and development of the structural scheme of urban transport and logistics monitoring system. Investigated the existing Russian and foreign transport monitoring technologies to detect moving objects by characteristic signs and collect and process traffic information. Are compared on the main characteristics of global navigation systems. Produced formulation of the problem of construction of urban transport and logistics monitoring system. Substantiated structure of the subsystems of urban transport and logistics monitoring system.

Keywords: traffic monitoring, identification, authentication, positioning, intelligent transportation system.

**Введение.** Развитие современного города под влиянием процессов урбанизации, таких как: рост населения, повышение научно-технологического уровня производства, территориальное разделение труда и интенсификация социально-пространственных связей, обуславливает его переход к более сложной форме расселения – мегаполису. В терминологии ООН мегаполисом называют территориальное образование с населением не менее 5 млн. жителей.

Сегодня транспортная система мегаполиса представляет собой сложнейшую антропогенную среду, структурно-функциональные характеристики которой, направлены на реализацию его ресурсного обеспечения, взаимодействие товаров, услуг и населения и удовлетворения потребности жителей в качественном передвижении [1].

С ростом процесса массовой автомобилизации населения мегаполисов происходит стремительное сокращение пропускных способностей транспортных сетей, увеличение плотности транспортных потоков и как следствие, возрастает риск увеличения аварийности и смертности [2-4]. Для решения вышеперечисленных проблем возникает необходимость внедрения интеллектуальных систем управления транспортом и способов интеллектуальной работы с данными.

Использование недостоверных данных, полученных посредством единичных опросов, приводит к построению ложных транспортных моделей, сводит на нет эффективность принимаемых управленческих решений.

Внедрение систем достоверного сбора информации и построение на их основе единой системы городского транспортно-логистического мониторинга повысило бы качество управления транспортными и транспортно-логистическими процессами в мегаполисе и позволило бы создать достоверную виртуальную модель городской транспортной системы (ГТС) [5,6]. Использование данной модели в системе управления мегаполисом позволило бы отображать и исследовать реальные закономерности транспортных процессов, что является актуальной задачей сегодняшнего дня.

**Анализ предметной области.** Исследования проблем построения эффективных систем городского транспортного мониторинга активно ведутся в настоящее время российскими и зарубежными научными коллективами. В последних работах отмечены следующие вопросы:

- повышение качества связи и управления подвижными беспилотными аппаратами в сложных условиях посредством информационных систем;
- развитие методов управления в инфокоммуникационных системах при осуществлении переноса информации и ее обработки;
- исследование подходов к обоснованию структуры системы информационного обеспечения;
- решение задачи нахождения оптимальной взаимосвязи скорости езды и ускорения автотранспорта при некоторых вводимых ограничениях;
- разработана система видеомониторинга транспортного потока (ТП), на основе алгоритма, способного обрабатывать видеопоток в реальном времени со скоростью 20 кадров/сек. и регистрировать подвижные объекты по характерным признакам;
- разработана система сбора транспортных данных на основе локальных детекторов на выделенных участках дорожной сети;
- исследованы способы построения систем наблюдения за ТП с использованием навигационных данных (координаты, треки, регистрируемые параметры) передаваемых с мобильных станций по каналам GSM/CDMA или по каналам спутниковой связи при наличии приемников/навигаторов GPS/ГЛОНАСС.

Исследованы методы и алгоритмы интеллектуального анализа процесса организации транспортной системы [7]. Развитие систем наблюдения и контроля транспортных процессов на улично-дорожных сетях позволило подойти к построению интеллектуальных систем управления транспортно-логистическим процессом [8-10] и формализации модели классификации межагентных отношений социально-экономического поведения городского населения. Последнее актуализировало существующие методы и модели построения матриц транспортных корреспонденций [8]. Практическое применение которых, рассмотрено в [9] применительно к задачам перераспределения транспортных потоков мегаполиса с вводом новых видов водного внутригородского пассажирского транспорта [5,6].

Задачи рационального использования городской среды с учетом принципов устойчивого развития и субъективных предпочтений потребительского поведения городского населения [7] стали отправной точкой формализации построения систем интеллектуального управления и интеллектуальной организации процессами урбанизации в мегаполисах и крупных городских агломерациях и интеллектуальных систем транспортной безопасности.

Ключевым элементом СГТЛМ являются данные, получение которых зависит от развития глобальных навигационных систем (ГНС) Сегодня наиболее эффективны две ГНС которые могут быть использованы в системах автоматического определения местоположения транспортного средства (САОМТС) сегодня. Это NAVSTAR GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия).

Основные характеристики, используемых в настоящее время ГНС ГЛОНАСС и ГНС NAVSTAR GPS, представлены в таблице 1.

Две другие системы еще находятся на стадии внедрения это Galileo (европейский ГНС) и Beidou / Compass (китайская ГНС). Полное развертывание и ввод в эксплуатацию всех служб этих систем планируется на 2016 год.

Проведенный анализ свидетельствует о значительной актуальности данного направления и отсутствия комплексной системы городского транспортно-логистического мониторинга, чем и вызвано стремление функционально полно описать данную систему.

Таблица 1 – Основные характеристики ГНС, которые могут быть использованы в САОМТС

| Характеристики глобальных навигационных систем  | GLONASS                           | NAVSTAR GPS           |
|---|-----------------------------------|-----------------------|
| Расчетное число спутников в системе (находящиеся в эксплуатации / находящиеся в запасе) | 24<br>(21/3)                      | 24<br>(21/3)          |
| Количество орбитальных плоскостей   | 3                                 | 6                     |
| Количество спутников в каждой орбитальной плоскости                                     | 8                                 | 4                     |
| Тип спутниковых орбит   | круговая                          | круговая              |
| Высота спутников, км.   | 19100                             | 20180                 |
| Орбитальный наклон, град.   | 64,8                              | 55                    |
| Орбитальный период, ч.  | 11,25                             | 12                    |
| Селекция спутникового сигнала   | Частотная селекция                | Кодированная селекция |
| Частоты навигационных сигналов<br>L1, МГц<br>L2, МГц                                    | 1602,56-1615,50<br>1246,44-1256,5 | 1575,42<br>1227,60    |
| Система геодезических параметров Земли  | PZ90                              | WGS84                 |

**Постановка задачи.** Под структурной схемой системы городского транспортно-логистического мониторинга (СГТЛМ) будем понимать комплекс информационных систем, обеспечивающий получение достоверной информации о передвижениях населения мегаполиса, состоянии подвижных объектов и городской инфраструктуры в режиме реального времени (рис. 1).

СГТЛМ призвана обеспечить: сбор данных о положении и состоянии подвижных и стационарных транспортных объектов; передачу этих данных по каналам связи на устройства обработки информации и диспетчерские центры; сравнение данных с уже имеющейся информацией; производить анализ и архивирование информации от мобильных и стационарных объектов.

СГТЛМ включает *систему сбора и контроля данных* о пользователях, городских транспортных средств, объектов городской инфраструктуры и данные о грузах; *хранилище данных* обеспечивающее поддержку высокой скорости данных при вводе и выводе их из хранилища, поддержку их внутренней непротиворечивости, защиту, интеграцию разнородных данных, их согласование и агрегацию; *интеллектуально-информационную аналитическую систему*, выполняющую как непосредственное управление транспортными событиями, так и его поддержку, реализация которой обеспечивается посредством *транспортно-логистического центра управления*; *базу знаний и систему обеспечения процессов управления*.

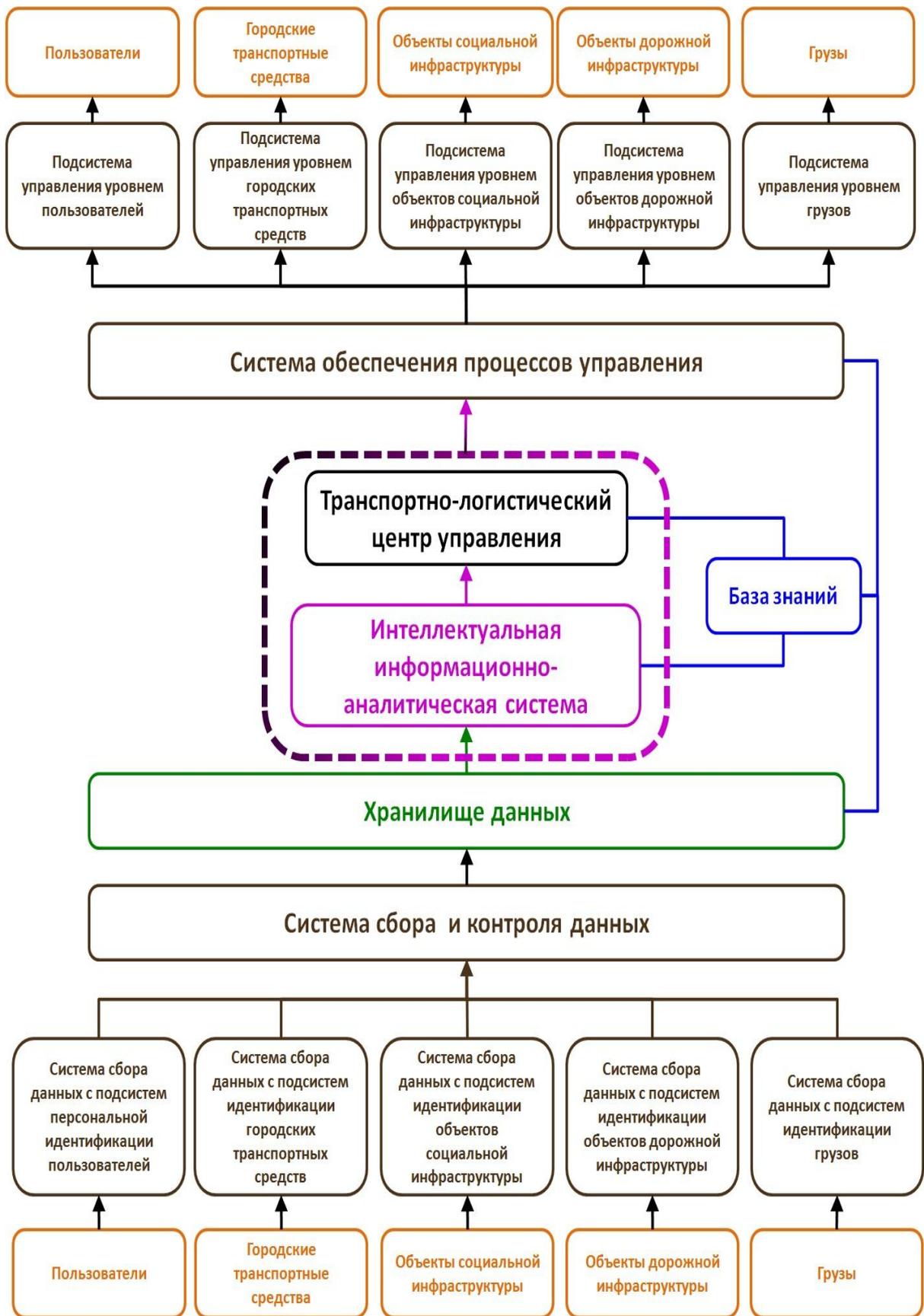


Рисунок 1 – Структурная схема системы городского транспортно-логистического мониторинга

Рассмотрим состав основных подсистем входящих в СГТЛМ и определим их основные функции. Подсистема идентификации и аутентификации на транспорте. Подсистема идентификации на транспорте должна проводить процесс распознавания объекта или субъекта по его идентификатору. Идентификатор представляет собой некоторое устройство или признак, по которому определяется объект. Идентификатор объекта предъявляется считывателю, который считывает и передает в систему его индивидуальный код для проведения процедуры распознавания.

Принадлежность идентификатора объекту устанавливается посредством процедуры аутентификации. Эта проверка позволяет убедиться в том, что объект является именно тем, кем себя объявляет.

Объектом идентификации ГТС является городское население, транспортные средства, средства перевозки грузов (контейнеры, тара), товар, объекты социальной и транспортной инфраструктуры. Подсистема транспортной идентификации представлена на рис. 2.

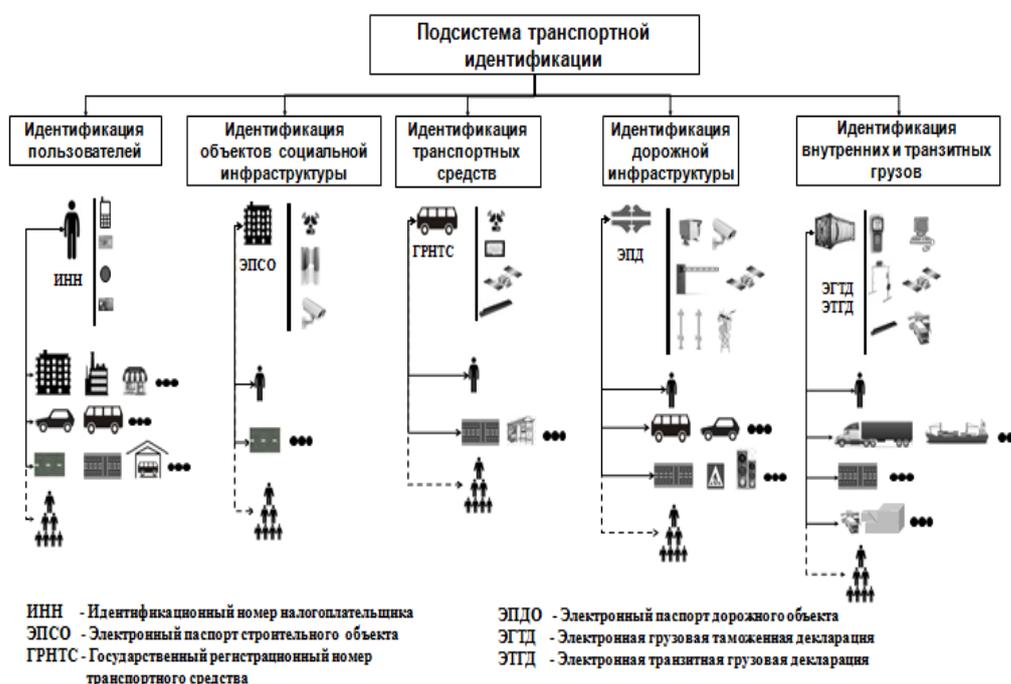


Рисунок 2 – Подсистема транспортной идентификации

Подсистема идентификации пользователей включает: радиочастотную идентификацию, осуществляемую через идентифицирующие документы; карточные технологии идентификации (карты с магнитной полосой и смарт-карты); идентификацию в сетях сотовой связи; идентификацию через абонентский номер и биометрическую идентификацию. Идентификация пользователей реализуются в момент взаимодействия объекта идентификации с системами электронных платежей, системами связи, информационно-поисковыми ресурсами (Интернет), контрольно-пропускными системами объектов городской инфраструктуры.

Подсистема идентификации транспортных средств (ТС) включает: визуальную идентификацию посредством навесного регистрационного знака ТС; радиочастотную идентификацию, осуществляемую через RFID и GPS метки, содержащие информацию о ТС и его владельце. Автоматическая идентификация ТС реализуются непрерывно в процессе нахождения ТС в ГТС, посредством взаимодействия ТС с элементами ГТС.

Подсистема идентификации объектов социальной инфраструктуры (ОСИ) включает радиочастотную идентификацию, осуществляемую через RFID и GPS метки, содержащие информацию об идентификационном номере ОСИ, о кадастровом номере размещения ОСИ, номере технического паспорта здания, почтовом индексе ОСИ, почтовом индексе субъектах экономической деятельности, размещенных в данном ОСИ.

Подсистема идентификации объектов дорожной инфраструктуры (ОДИ) включает радиочастотную идентификацию, осуществляемую через RFID и GPS метки, содержащие информацию об идентификационном номере дороги и ОДИ (дорожных знаках, остановочных пунктах), номере электронного паспорта дороги, кадастровом номере участка дороги.

Таким образом, предложенная система идентификации и аутентификации ГТС обуславливает выполнение первого условия принадлежности объекта к ГТС: *каждый объект, входящий в ГТС или находящийся внутри нее, имеет идентификатор.*

Автоматическая идентификация и аутентификация объектов и элементов ГТС является необходимым требованием компьютерных информационных систем и систем управления, где требуется достоверное распознавание объектов, и их регистрация в реальном масштабе времени.

Система обеспечения процессов управления реализует функцию непрерывного мониторинга и предпочтительного управления транспортными событиями. Процессы, которые обеспечивают мониторинг в пределах функции управления трафиком, включают: хранение и управление обработанных данных о трафике; отображение, вывод выходных данных о трафике с последующим применением; обмен данными между подсистемами; анализ, сравнение и автоматическое формирование отчетов об изменении транспортных данных о трафике. Наиболее подробно состав основных подсистем раскрыт в [7].

**Вывод.** Предложенная структурная схема системы городского транспортно-логистического мониторинга позволит осуществить переход к персонифицированному рекомендательному управлению элементами городской транспортной системы и контролю городских транспортно-логистических процессов.

Разработанная структура системы согласуется с существующими и разрабатываемыми интеллектуальными системами управления транспортом [7] с учетом субъективных факторов поведенческой активности городского населения и может быть интегрирована в обобщенную систему управления развитием транспорта.

Подобная интеграция позволит перейти к построению качественно новых и более эффективных транспортных систем, по сравнению с существующими [5,6] и значительно повысить показатели эффективности транспортных систем. Применение методов интеллектуальной обработки данных и интеграция СГТЛМ в СУ ГТС способна рационализировать процесс управления городским транспортом и вплотную подойти к технологическому обеспечению транспорта в «Умных городах».

*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. Селиверстов С.А. Разработка показателей транспортной обеспеченности // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. № 4 (45). С. 48-63.
2. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. О методе оценки эффективности организации процесса дорожного движения мегаполиса // Вестник транспорта Поволжья. 2015. № 2 (50). С. 91-96.

3. Шаталова Н.В. Иерархический метод выбора рационального варианта реконструкции автомобильных дорог вблизи населенных пунктов // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. № 2 (21). С. 148.

4. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Обзор показателей транспортной обеспеченности мегаполиса // Вестник гражданских инженеров. № 5 (52). 2015. С. 237-247

5. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Моделирование транспортных потоков мегаполиса с вводом новых видов водного внутригородского пассажирского транспорта // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 2 (30). С. 69-80.

6. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Применение метода имитационного моделирования для оценки эффективности новых видов городского пассажирского транспорта // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 3 (31). С. 83-92.

7. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А., Стариченков А.Л. Особенности построения системы городского транспортно-логистического мониторинга // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2015. № 1. С. 29-36.

8. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Методы и модели построения матриц транспортных корреспонденций // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 2-3 (217-222). С. 49-70.

9. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Применение метода имитационного моделирования для оценки эффективности новых видов городского пассажирского транспорта // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 3 (31). С. 83-92.

УДК 519.854.2

## О ЗАДАЧЕ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА С УЧЁТОМ ТРАФИКА

*Захаров Виктор Васильевич – доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического моделирования энергетических систем, заведующий кафедрой математического моделирования энергетических систем*

*Мугайских Александр Всеволодович – магистр*

*Санкт-Петербургский государственный университет*

*Аннотация.* В данной работе предложена объединённая постановка задач распределения транспортных потоков и маршрутизации транспорта в мегаполисе при условии переменных значений потоков между районами от правления и прибытия в течение периода маршрутизации. На примере сети г. Санкт-Петербурга рассмотрена и решена задача нахождения равновесного по Вардропу распределения транспортных потоков города с помощью линейной BPR-функции задержки. Как результат, решения задачи VRP, полученные с учётом информации о загруженности сети, существенно превосходят во времени маршруты, не использующие её при генерации.

*Ключевые слова:* распределение транспортных потоков, конкурентное равновесие, задача маршрутизации транспорта.

## VEHICLE ROUTING WITH TRAFFIC INFORMATION

*Zakharov Victor V. – D.Sc., Professor, Head Mathematical Modelling of Energetic Systems*

*Abstract.* In this work, combined model of the traffic assignment problem and vehicle routing problem is introduced in the case of variable traffic flow for all OD-pairs throughout the route's execution period. The problem of traffic flow assignment based on Wardrop's principles on the network of Saint-Petersburg is considered and successfully solved. As shown in the paper, taking into account current traffic flow information leads to considerably better results in solving vehicle routing problem. Proposed approach helps to get shorter routes than classic one.

*Keywords:* distribution of traffic flows, user equilibrium, vehicle routing problem.

Из работы [1] известно, что любая транспортная система по истечении некоторого времени приходит в равновесное состояние. Согласно принципу, сформулированному Вардропом в 1952 г., время передвижения по всем используемым маршрутам одинаково для всех участников движения и меньше времени, которое потратит любой участник движения, изменив свой маршрут. Каждый участник движения независимо от остальных принимает решение, какой маршрут выбрать, с целью снизить свои затраты на передвижение. Распределение потока по сети, удовлетворяющее данному принципу, называется конкурентным равновесием. Искомое равновесие достигается, когда никто из участников не может снизить свои расходы на перемещение. Результаты, полученные в этой работе, опираются на методы вычисления распределения транспортных потоков при использовании BRP-функции задержки, описанные в [2,3]. Актуальность рассматриваемой задачи описана в [4].

Представим транспортную сеть в виде ориентированного графа  $G = (N, A)$ , где  $N$  – множество последовательно пронумерованных узлов,  $A$  – множество последовательно пронумерованных дуг данного графа  $G$ . Обозначим через  $R$  множество узлов, соответствующие районам отправления,  $S$  – районам прибытия. Пусть  $K_{rs}$  – множество маршрутов между районом отправления  $r \in R$  и районом прибытия  $s \in S$ ;  $x_a$  – транспортный поток по дуге  $a \in A$ ,  $d_a$  – время передвижения по дуге  $a \in A$ . Транспортный поток по маршруту  $k \in K_{rs}$  обозначим через  $f_{rs}^k$ , а совокупный транспортный спрос между  $r \in R$  и  $s \in S$  –  $F_{rs}^k$ . Введем булеву функцию, которая показывает, принадлежит ли ребро  $a$  маршруту  $k \in K_{rs}$ :

$$\delta_{ak}^{rs} = \begin{cases} 1, & \text{если дуга } a \text{ включена в маршрут } k \in K_{rs} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Математическая формализация первого принципа Вардропа возможна в виде задачи минимизации с ограничениями:

$$\sum_{k \in K_{rs}} f_{rs}^k = F_{rs}^k \quad \forall r \in R, s \in S, \quad (1)$$

$$f_{rs}^k \geq 0 \quad \forall k \in K_{rs}, r \in R, s \in S, \quad (2)$$

$$x_a = \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} \sum_{k \in K_{rs}} \delta_{ak}^{rs} \quad \forall a \in A. \quad (3)$$

В качестве функции задержки  $f$  на ребре  $a \in A$  выберем BPR-функцию:

$$d_a(f_i) = t_i^0 \left( 1 + \alpha_i \left( \frac{f_i}{p_i} \right)^{\beta_i} \right),$$

где  $t_i^0$  – время свободного движения по ребру  $i$ ,  $p_i$  – пропускная способность ребра  $i$ .  
Задача минимизации при ограничениях (1)-(3) примет вид

$$\min_f \sum_{i=1}^{|A|} \int_0^{f_i} t_i^0 \left( 1 + \alpha_i \left( \frac{u}{p_i} \right)^{\beta_i} \right) du.$$

При решении данной оптимизационной задачи получим вектор  $f$  распределения транспортного потока по рёбрам ориентированного графа  $G$ . С помощью заданных на ребрах графа функций задержки можно вычислить время движения по любому ребру  $a \in A$ . Для этого воспользуемся алгоритмом Дейкстры, который находит кратчайшие пути от одной из вершин графа до всех остальных. Применяя алгоритм Дейкстры решения задачи о кратчайшем пути в графе, сформируем матрицу  $C^* = \{c_{ij}^*\}$ , где  $c_{ij}^*$  – время в пути от вершины  $i$  до вершины  $j$  на загруженной сети, при  $i, j \in \{1, \dots, |N|\}$ . Аналогом матрицы  $C^*$  на свободной от транспорта сети будет являться матрица  $C^0$ , элементы которой соответствуют времени передвижения между вершинами графа  $G$  в случае отсутствия трафика.

Сформулируем задачу маршрутизации транспорта. Рассмотрим граф  $G = (N_0, A)$ , где  $N_0 = \{0, 1, \dots, N\}$  — множество вершин,  $A = \{(i, j) \mid i, j \in N_0\}$  — множество ребёр. Вершина 0 соответствует депо, а узлы  $N = \{1, \dots, N\}$  обозначают клиентов. В депо имеется множество  $V = \{1, \dots, v_{\max}\}$  машин одинаковой грузоподъёмности. Положим, что одна машина можно совершить только одну поездку, при этом суммарный объём перевозимый машиной грузов, не должен превышать грузоподъёмность  $C$ . Каждый клиент  $s$  имеет спрос  $d_s$  в товаре, который должен быть удовлетворён. Будем считать, что спрос одного клиента следует удовлетворить полностью за один раз, т.е. каждый клиент должен быть посещён один раз. Количество товара в депо (на складе) достаточно для удовлетворения спроса всех клиентов тестовой задачи.

Будем рассматривать задачу маршрутизации с матрицей переменных значений времени переезда между клиентами. Это означает, что время перехода от одного клиента до другого будет изменяться в течение периода маршрутизации. Каждому ребру  $i, j \in A$  сопоставим функцию  $t_{ij}(b_i)$  времени передвижения по нему, которая зависит от времени отправления  $b_i$  из узла  $i$ . Матрицы  $T(b)$  получены из предыдущих шагов алгоритма. Переменными задачи будут являться моменты времени  $b_i, i \in N$ , которые показывают время отправления от клиента  $i$ , при этом через  $b_v^0$  обозначим начало движения машины  $v$ . При  $k = 2, \dots, K$ ,  $\Delta_0 = \Delta_K = 0$ ,  $\Delta_i = 5$  непрерывная кусочно-линейная функция  $t_{ij}(b_i)$  имеет вид:

$$t_{ij}(b_i) = \begin{cases} c_{ij}^k, & z_{k-1} + \Delta_{k-1} \leq b_i \leq z_k + \Delta_k \\ c_{ij}^k + \frac{(c_{ij}^{k+1} - c_{ij}^k)(b_i - z_k + \Delta_k)}{2\Delta_k}, & z_k + \Delta_k \leq b_i \leq z_{k+1} + \Delta_{k+1} \end{cases}$$

Описанная выше задача TDVRP может быть сформулирована в рамках целочисленного программирования.

Пусть  $\{x_{ij}\}_{i,j \in N_0}$  – булевы переменные, которые равны единице, если клиент  $i$  посещается сразу за клиентом  $j$  в маршрутном плане, и ноль – иначе. Целевая функция представляет собой сумму времени движения всех машин согласно построенным маршрутным планам:

$$\min_x \sum_{i \in N_0} \sum_{j \in N_0} t_{ij}(b_i)x_{ij}.$$

В ходе эксперимента рассмотрена транспортная сеть города Санкт-Петербурга. Общее количество выбранных вершин графа  $G$  равно 109, их соединяют 310 рёбер [4]. На каждом ребре были заданы BPR-функции задержки с параметрами  $\alpha = 0,15$ ;  $\beta = 4$ . Время свободного движения  $t^0$  по ребру определялось как частное длины ребра и скорости, равной 40 км/ч. Пропускная способность вычислялась по формуле  $p_i = k\mu p_i^0$ , где  $p_i^0$  – пропускная способность одной полосы,  $k$  – коэффициент многополосности,  $\mu$  – коэффициент светофорного регулирования [4]. Пропускная способность одной полосы  $p_i^0$  определяется как

$$p_i^0 = \frac{3600v}{v + 0,7 + 0,13v^2},$$

где  $v$  – средняя скорость движения по городу.

Разобьём период маршрутизации с 9 утра до 17 вечера на периоды  $Z_k = [z_{k-1}; z_k]$ ,  $Z_k = [z_{k-1}; z_k]$  где  $k = 2, \dots, K$ .

Пусть  $K = 5$ . Решим задачу распределения транспортных потоков для каждого из них и сформируем пять матриц  $C^k$  переходов для каждого из следующих периодов: 1) с 9:00 до 11:00; 2) с 11:00 до 12:00 3) с 12:00 до 14:00; 4) с 14:00 до 15:00; 5) с 15:00 до 17:00.

Для эксперимента были сгенерированы тестовые примеры задачи TDVRP различных размерностей от 10 до 109 клиентов в каждой. Депо находилось в 1-ой и 90-ой точках графа  $G$ . Время обслуживания клиента принималось равным 10 минутам. Лимит времени для одного маршрута варьировался в ходе эксперимента и равнялся 480 минутам.

В таблице 1 приведено сравнение трёх величин: суммарного времени реализации TD-решения, ожидаемого времени реализации простого решения и реального качества простого решения. Также приведены значения суммарного опоздания, т.е. выхода за лимит времени, по всем маршрутам простого решения, при учёте пробок.

На примере сети Санкт-Петербурга рассмотрена и решена задача нахождения равновесного по Вардропу распределения транспортных потоков города с помощью линейной BPR-функции задержки для пяти матриц корреспонденций, соответствующим разным периодам дня.

Таблица 1 – Сравнение алгоритмов при лимите времени одного маршрута в 480 минут

| TD-VRP решение      |                  |                           | VRP-решение      |                           |          |                           |
|---------------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|----------|---------------------------|
| Количество клиентов | Количество машин | Общее время объезда, мин. | Количество машин | Общее время объезда, мин. |          | Суммарное опоздание, мин. |
|                     |                  |                           |                  | Ожидаемое                 | Реальное |                           |
| 10                  | 1                | 347.36                    | 1                | 313.065                   | 393.594  | 0                         |
| 20                  | 2                | 616.324                   | 1                | 469.785                   | 712.03   | 232.03                    |
| 30                  | 2                | 834.492                   | 2                | 717.54                    | 1146.35  | 401.758                   |
| 40                  | 3                | 1160.57                   | 2                | 929.345                   | 1219.3   | 259.305                   |
| 50                  | 4                | 1429.7                    | 3                | 1167.33                   | 1794.31  | 403.044                   |
| 60                  | 4                | 1686.22                   | 3                | 1322.06                   | 1905.54  | 471.723                   |
| 70                  | 5                | 1980.37                   | 4                | 1612.45                   | 2243.46  | 471.273                   |
| 80                  | 6                | 2231.07                   | 4                | 1762.27                   | 2427.99  | 609.516                   |
| 90                  | 6                | 2379.32                   | 5                | 2032.76                   | 3036.06  | 636.055                   |
| 100                 | 7                | 2715.85                   | 5                | 2175.5                    | 3160.07  | 943.458                   |
| 109                 | 8                | 2869.99                   | 5                | 2350.71                   | 3416.17  | 1016.17                   |

Задача TDVRP была успешно решена алгоритмом ALNS. Наблюдается выход маршрутов, полученных без учёта информации о загруженности сети, за горизонт планирования. Также данные маршруты существенно уступают во времени решениям, использующим информацию о трафике сети при генерации.

#### Список литературы

1. Захаров В.В., Крылатов А.Ю. Конкурентное равновесие Вардропы на транспортной сети из параллельных неоднородных маршрутов // Процессы управления и устойчивость. 2014. Т. 1 (17). С. 476-481.
2. Захаров В.В., Крылатов А.Ю. Конкурентная маршрутизация транспортных потоков поставщиками услуг навигации // Управление большими системами: сборник трудов. 2014. № 49. С. 129-147.
3. Захаров В.В., Крылатов А.Ю. Современные проблемы использования интеллектуальной базы математического моделирования при борьбе с заторами в крупных городах России // Транспорт Российской Федерации. 2014. № 4 (53). С. 69-73.
4. Захаров В. В. Методы и модели прикладной математической логистики // Процессы управления и устойчивость. 2015. Т. 2. № 1. С. 742-776.
5. Крылатов А.Ю., Раевская А.П. Оптимальное расположение датчиков на транспортной сети для оценки матрицы корреспонденций // Процессы управления и устойчивость. 2015. Т. 2. № 18. С. 629-634.
6. Мугайских А.В. О задаче коммивояжёра на сети мегаполиса в условиях распределения транспортных потоков по Вардропу // Процессы управления и устойчивость. 2016. Т. 3. № 1. С. 680-684.

## ДВОЙСТВЕННАЯ ЗАДАЧА К РАВНОВЕСНОМУ РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ПОТОКОВ НА ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ТОПОЛОГИИ

*Широколобова Анастасия Павловна – аспирант, ассистент кафедры математического моделирования энергетических систем Санкт-Петербургского государственного университета.*

*Аннотация.* Представлена авторская методика восстановления матрицы корреспонденций. Подход основывается на постановке задачи восстановления матрицы корреспонденций, как решение двойственной задачи равновесного распределения потоков. Разработан новый подход и метод расчёта матриц корреспонденций с учётом данных систем регистрации транспортных средств в больших транспортных сетях. В основе этого метода лежит идея о том, что если удалось измерить время движения транспортных средств по любому из множества маршрутов, соединяющих конкретную пару районов отправления-прибытия, то можно считать, что по всем остальным используемым маршрутам время движения должно быть таким же. Время движения транспортного средства по маршруту планируется получать при помощи датчиков фиксации номерных знаков. Данная задача была решена для транспортной сети произвольной топологии.

*Ключевые слова:* матрица корреспонденций, задача распределения потоков, двойственная задача, равновесие Вардрона.

## A DUAL FORMULATION OF THE TRAFFIC ASSIGNMENT PROBLEM FOR THE NETWORK OF A GENERAL TOPOLOGY

*Shirokolobova Anastasiya P. – Assistant of Department of Mathematical Modelling of Energetic Systems of Saint-Petersburg State University*

*Abstract.* The paper is devoted to the problem of OD-matrix estimation. The original technique of OD-matrix estimation based on a dual formulation of the traffic assignment problem was offered. Traffic demand between certain OD-pair was estimated due to the journey time obtained from plate scanning sensors. Therefore, if we know travel time of the vehicle on any of alternative routes between the OD-pair, the appropriate traffic demand can be uniquely reconstructed. Due to plate scanning sensors, we are able to identify travel time between chosen OD-pair. The functional relationship between the traffic demand and the journey time was obtained for the network of general topology.

*Keywords:* OD-matrix estimation, traffic assignment problem, duality theory, user equilibrium.

В результате развития транспортной сети и увеличения количества транспортных средств, задача оценки и восстановления матрицы корреспонденций стала актуальной задачей, позволяющей правильно модернизировать улично-дорожную сеть (УДС) больших городов. Одна из первых математических моделей оценки матрицы корреспонденций была сформулирована в виде двухуровневой программы [1]. Существует множество методов расчета матриц корреспонденций. С точки зрения практического применения, наиболее перспективным является метод сбора информации о регистрационных номерах проезжающих автомобилей системами видео регистрации дорожного движения [2] или системами сканирования, основанными на применении

RFID-технологий. В самом деле, информация о потоках, получаемая с помощью подобных датчиков, установленных в выбранных для целей исследования узлах дорожной сети, является наиболее информативной и позволяет определить траектории движения автомобилей через эти узлы

В данной работе представлен новый подход к восстановлению матриц корреспонденций, основанный на решении двойственной задачи равновесного распределения потоков. Вышеупомянутый метод был ранее [3] применен к упрощенной транспортной сети, составленной из одной пары районов отправления-прибытия и соединенной параллельными маршрутами. Для сети параллельных маршрутов решение было получено в явном виде. В данной работе предложенный подход обобщен для сети произвольной топологии и разработана модель оценки матрицы корреспонденций с использованием данных, полученных с датчиков фиксации номерных знаков. Поскольку время перемещения между парой отправления-прибытия (ОП-парой) является множителем Лагранжа для задачи распределения потоков [4], то оно является переменной в двойственной задаче распределения потоков. Следовательно, мы можем сформулировать двухуровневую задачу оценки матрицы корреспонденций на основе данных, полученных с датчиков фиксации номерных знаков.

Рассмотрим транспортную сеть произвольной топологии, представленную в виде графа

$$G = \langle N, A \rangle,$$

где  $N$  – множество вершин (перекрестков), а  $A$  – множество ребер (участков дорог между перекрестками).

Введем следующие обозначения:

$W$  – множество районов отправления-прибытия,  $w \in W$ ,  $W \in N$ ;

$K^w$  – набор маршрутов, соединяющих пары районов отправления-прибытия  $w$ ;

$F^w$  – транспортный спрос между парой районов отправления-прибытия  $w$ ,

$$F = (F_1, \dots, F^{|W|})^T;$$

$f_k^w$  – транспортный поток на маршруте  $k \in K^w$ ,  $\sum_{k \in K^w} f_k^w = F^w$ ,  $f^w = \{f_k^w\}_{k \in K^w}$  и

$$f = \{f^w\}_{w \in W};$$

$x_a$  – транспортный спрос на дуге  $a \in A$ ,  $x = (\dots, x_a, \dots)$ ;

$t_a(x_a)$  – затраты на перемещения по дуге  $a \in A$ ;

$\delta_{a,k}^w$  индикатор: 1 если дуга  $a$  содержится в маршруте  $k$ , иначе 0.

Равновесие Вардропа [5] на транспортной сети  $G$  достигается такими значениями  $x^*$ , что

$$Z(x^*) = \min_x \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(u) du \quad (1)$$

при условии

$$\sum_{k \in K_w} f_k^w = F^w, \quad \forall w \in W \quad (2)$$

при ограничениях

$$f_k^w \geq 0, \quad \forall w \in W$$

$$x_a = \sum_{w \in W} \sum_{k \in K^w} f_k^w \delta_{\{a,k\}}^w, \quad \forall a \in A$$

Принцип равновесия Вардропа позволяет нам ввести такие  $t_w^*$ , которые являются оптимальным временем движения по любому маршруту между парой районов отправления-прибытия  $w$ , которые будут использоваться.

Введем следующее обозначение:  $T = (t_1, \dots, t_{|W|})^T$  для ограничений (2), и определим двойственную задачу к задаче равновесного распределения потоков:

$$\max \theta(T)$$

где  $\theta(T)$  определяется из

$$\theta(T) = \min_{f \geq 0} \left\{ \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(s) ds + \sum_r t_r \left( F^r - \sum_{k \in K^r} f_k^r \right) \right\},$$

при выполнении ограничений

$$x_a = \sum_{w \in W} \sum_{k \in K^w} f_k^w \delta_{a,k}^w \quad \forall a \in A.$$

Датчики фиксации потоков дают информацию о количестве автомобилей, движущихся по дуге. Датчики фиксации номерных знаков, установленные на дугах, могут однозначно определить транспортное средство в потоке по его номерному знаку. Таким образом, когда какое-нибудь транспортное средство проезжает по дуге, на которой установлен датчик сканирования номерного знака, камера фиксирует номерной знак автомобиля и время регистрации. В итоге мы можем получить базу данных, содержащую информацию о {номерном знаке автомобиля, времени фиксации, номере датчика} [6]. При помощи такой базы данных мы можем определить время движения между любой парой районов отправления-прибытия. Получается, что для того, чтобы определить время движения по дуге  $t_r^*$ , нам достаточно знать время фиксации транспортного средства при выезде из района отправления и время фиксации при въезде в район прибытия для любой пары  $r$ .

Таким образом, мы можем сформулировать двухуровневую задачу восстановления матрицы корреспонденций, как задачу обратную к равновесному распределению потоков:

$$\min_F (\bar{F} - F)^T U^{-1} (\bar{F} - F) + (T^* - T)^T (T^* - T),$$

при условии  $F \geq 0$ , где  $T$  является решением задачи  $\max \theta(T)$ ,

где  $\theta(T)$  определяется из

$$\theta(T) = \min_{f \geq 0} \left\{ \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(s) ds + \sum_r t_r \left( F^r - \sum_{k \in K^r} f_k^r \right) \right\},$$

при условии выполнения ограничений

$$x_a = \sum_{w \in W} \sum_{k \in K^u} f_k^w \delta_{a,k}^w \quad \forall a \in A.$$

Это выражение является обобщенным методом наименьших квадратов и  $\bar{F}$  – это априорные значения потоков транспортных средств между всеми парами районов отправления прибытия, а  $U$  является весовой матрицей.

Получаем, что если удалось на сети произвольной топологии зафиксировать время движения транспортных средств по любому из альтернативных маршрутов, то транспортный поток между ОП-парой может быть восстановлен благодаря двухуровневой задаче восстановления матрицы корреспонденций. Таким образом, полученные результаты говорят о перспективности дальнейшего развития подобных методов восстановления матрицы корреспонденций.

Определение значения  $t^*$  на реальной транспортной сети для выделенной ОП-пары не представляется сложной задачей. В самом деле, многие аналитические онлайн системы, исследующие транспортные заторы, накапливают большие базы данных с информацией о средней скорости движения (а значит, и времени) по всем дугам транспортных сетей крупных городов. Таким образом, разрабатываемый подход к оценке и восстановлению матрицы корреспонденций может быть крайне эффективным с практической точки зрения. Более того, представляет интерес расширить полученные результаты на случай конкурентной маршрутизации.

#### *Список литературы*

1. Крылатов А.Ю., Раевская А.П. Оптимальное расположение датчиков на транспортной сети для оценки матрицы корреспонденций // Процессы управления и устойчивость. 2015. Т. 2. № 1. С. 629-634.
2. Захаров В.В., Крылатов А.Ю. Конкурентная маршрутизация транспортных потоков поставщиками услуг навигации // Управление большими системами: сборник трудов. 2014. № 49. С. 129-147.
3. Крылатов А.Ю., Раевская А.П. Восстановление матрицы корреспонденций как задача, обратная равновесному распределению потоков // Процессы управления и устойчивость. 2016. Т. 3 (19). № 1. С. 690-694.
4. Крылатов А.Ю. Оптимальные стратегии управления транспортными потоками на сети из параллельных каналов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2014. № 2. С. 121-130.
5. Захаров В.В., Крылатов А.Ю. Конкурентное равновесие Вардропа на транспортной сети из параллельных неоднородных маршрутов // Процессы управления и устойчивость. 2014. Т. 1 (17). С. 476-481.
6. Zakharov V., Krylatov A. OD-Matrix Estimation Based on Plate Scanning // 2014 International Conference on Computer Technologies in Physical and Engineering Applications (ICCTPEA). 2014. P. 209-210.

## ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТА СЛЕДОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРЕНИРОВОК ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ

*Ищенко Андрей Дмитриевич* – кандидат технических наук, начальник учебно-научного комплекса пожаротушения Академии ГПС МЧС России

*Шурыгин Максим Андреевич* – старший научный сотрудник, начальник научно-исследовательской группы пожаротушения учебно-научного комплекса пожаротушения Академии ГПС МЧС России

Аннотация. Сформирован принципиально новый подход к организации тренировочных занятий газодымозащитников по подготовке к работе в непригодной для дыхания среде, позволяющий обосновать необходимость проведения тренировок на территориях местных пожарно-спасательных гарнизонов.

Ключевые слова: газодымозащитник, непригодная для дыхания среда, профессиональный навык, тренировка.

## ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SOLUTIONS, ROUTE PLANNING MOBILE TRAINING COMPLEX FOR TRAINING FIREFIGHTERS, LOCAL FIRE GARRISONS

*Ishchenko Andrei D.* – Chief of an Educational and Scientific Complex of Fire Extinguishing of Academy of the PFS Emercom of Russia

*Shurygin Maxim A.* – Senior Research Associate, Chief of Research Group of Fire Extinguishing of Academy of the PFS Emercom of Russia

Abstract. Formed a fundamentally new approach to training firefighters in preparation for work unfit for breathing environment, allowing to justify the need for training in the territories of the local fire and rescue garrisons.

Keywords: firefighter, unfit for breathing environment, professional skill, training.

Тренировки газодымозащитников ФПС МЧС России проводятся в соответствии с методическими рекомендациями по организации и проведению занятий с личным составом ГДЗС ФПС МЧС России, утвержденными Главным военным экспертом МЧС России П.В. Платом 30.06. 2008 года.

Данные рекомендации определяют следующие виды тренировок газодымозащитников:

- на свежем воздухе (1 раз в месяц);
- на свежем воздухе при проведении пожарно-тактических учений и занятий по решению пожарно-тактических задач (1 раз в месяц);
- в зоне с непригодной для дыхания средой (теплодымокамера (ТДК) (1 раз в квартал);
- на огневой полосе психологической подготовки (ОППП) (не менее 2 раз в год, соответственно в зимний и летний период).

Следуя простой логике, становится ясным, что наиболее эффективными тренировками, с точки зрения тушения пожара, являются занятия в ТДК и на ОППП.

Для организации тренировочных занятий, рассматриваемые учебно-тренировочные объекты, могут быть в двух вариантах исполнения, это стационарные и

мобильные. И стационарные и мобильные комплексы предназначены для выработки у личного состава пожарной охраны психофизиологических и морально-волевых качеств готовности к выполнению задач в экстремальных условиях.

Спектр отрабатываемых упражнений на стационарных учебно-тренировочных комплексах: более широкий, по сравнению с мобильными. Но зона обслуживания территории по обеспечению тренировок личного состава ограничена, в связи с необходимостью прибытия подразделений на место его установки, а это по ряду объективных причин не всегда является возможным.

Мобильный комплекс предназначен для отработки узкого спектра упражнений, непосредственно по его предназначению. Но за счет его транспортировки между пунктами назначения зона покрытия территории по обеспечению тренировок газодымозащитников будет больше.

В целях оптимизации процесса профессиональной подготовки газодымозащитников к работе в НДС, предлагается сформировать организационно-технический подход к формированию системы профессиональной подготовки, что позволит быть системе динамичной за счет взаимодействия с внешней средой. Техническая составляющая данной системы предполагает использование мобильного (транспортируемого) огневого симулятора (тренировочного комплекса) на базе прицепа с высокой степенью проходимости, организационная представлена на рис. 1.



Рисунок 1 – Общий вид организационной модели обеспечения тренировок местных пожарно-спасательных гарнизонов

Рассмотрим данную организационную модель на примере республики Карелия.

На 1 первом уровне (стратегический) оператор производит анализ деятельности газодымозащитников гарнизона и категоризирует соответствующие данные по трем критериям, где I – хороший уровень подготовки; II – удовлетворительный; III - неудовлетворительный (рис. 2).

2 уровень (тактический) – координация, оператор выявляет местные пожарно-спасательные гарнизоны неудовлетворительной категории, производит построение маршрута движения по территориям гарнизонов III уровня (рис. 3).

3 этап (оперативный) – определение времени нахождения тренировочного комплекса в пути и требуемого времени тренировок на территориях гарнизонов исходя из показателей работы соответствующих пожарно-спасательных подразделений в НДС («2» рис. 2), организация тренировок.

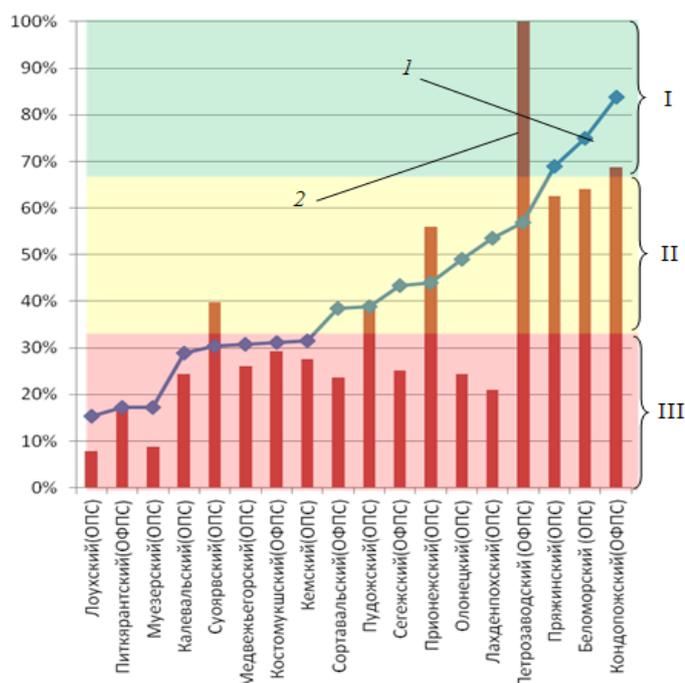


Рисунок 2 – Сравнительный анализ деятельности МПГ республики Карелия за 2015 год  
 1 – среднее количество пожаров, приходящихся на 1 звено ГДЗС в квартал (100% - 1 пожар);  
 2 – среднее время работы на пожаре 1-го звена ГДЗС в квартал (100% - максимальное время работы)

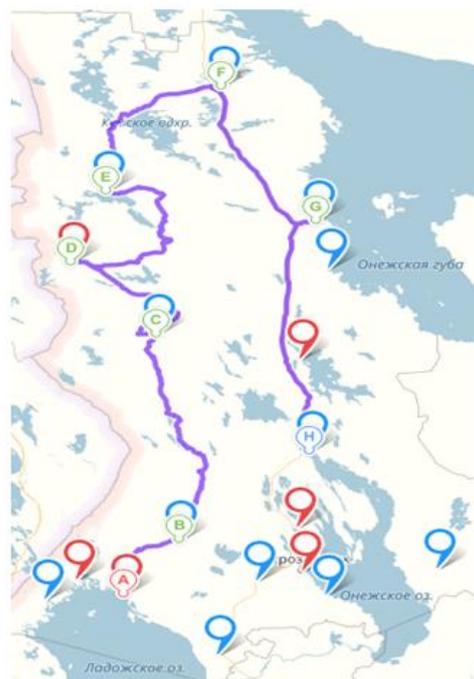


Рисунок 3 – Маршрут движения тренировочного комплекса

Рассматриваемый подход к организации тренировочных занятий, позволит создать гибкую динамическую систему организации тренировочных занятий газодымозащитников, позволяющую обосновать необходимость тренировок личного состава в результате взаимодействия органов управления и пожарно-спасательных подразделений,

взаимодействующую с внешней средой газодымозащитник-пожар, а так же добиться экономического эффекта за счет внедрение этапа планирования расходов на обеспечение тренировок.

#### *Список литературы*

1. Программа подготовки личного состава подразделений Государственной противопожарной службы МЧС России от 29 декабря 2003 г.
2. Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом ГДЗС ФПС МЧС России, утвержденными Главным военным экспертом МЧС России П.В. Платом 30.06.2008 г.
3. Рыженко А.А., Сатин А.П. Информационная система поддержки контроля обслуживания и ремонта технических средств производственно-технических центров // *Фундаментальные проблемы системной безопасности: материалы III школы-семинара молодых ученых: в 2 частях.* 2016. С. 36-40.
4. Ищенко А.Д., Фогилев И.С. Обеспечение действий оперативного персонала атомных электростанций в условиях непригодной для дыхания среды при пожарах [Электронный ресурс] // *Технологии техносферной безопасности: Интернетжурнал.* № 2 (60). 2015. Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb/2015-2/2015-2.html>.
5. Фогилев И.С., Шурыгин М.А. Особенности проведения тренировок оперативного персонала атомных электростанций в дыхательных аппаратах со сжатым воздухом // *Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: материалы V Международной научно-практической конференции: в 2 частях.* 2016. С. 199-202.

УДК 656.614.3

### **ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОРСКИХ ПЕРЕВОЗОК СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА**

*Королева Людмила Анатольевна* – кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

*Изотов Сергей Сергеевич* – ведущий инженер-конструктор АО «Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота»

*Свидзинская Галина Борисовна* – кандидат химических наук, доцент, профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

*Аннотация.* Успешное освоение Россией мирового рынка сжиженного природного газа требует введения в строй современных газозовозов, предназначенных не только для перевозки углеводородов, но и в качестве СПГ-терминалов. На класс Российского морского регистра судоходства по заказу «Газпрома» для обеспечения энергетической независимости западных территорий РФ строится высокотехнологичная плавучая регазификационная установка, призванная обеспечивать работу как в режиме хранения, приема и отгрузки сжиженного природного газа, так и в режиме перевозки, в том числе, в ледовых условиях. Высокая пожарная опасность жидкого метана требует разработки и соблюдения особых правил безопасности при эксплуатации судов данного класса.

*Ключевые слова:* газозовоз-метановоз, плавучая регазификационная установка, перевозка сжиженного природного газа.

## FEATURES AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT THE LIQUEFIED NATURAL GAS SEA TRANSPORTATION

*Koroleva Lydmila A. – candidate of technical sciences, associate professor, deputy head of fire, rescue equipment and vehicle fleet department, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Isotov Sergey S. – leading engineer-designer, Ltd “Central Marine research & Design Institute”*

*Svidzinskaya Galina B. – candidate of chemical science, 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*

*Abstract. The world market of liquefied natural gas (LNG) successful development requires from Russia the commissioning of modern LNG-carriers designed not only for transportation of hydrocarbons but also as LNG-terminals. The floating storage regasification unit designed to provide operation in the storage mode, receiving and shipment of LNG, and in the mode of transportation, including ice conditions, is being built under the order of "Gazprom" to the class of Russian Maritime Register of Shipping to ensure the energy independence of the Western territories of Russia. The high fire danger of liquid methane requires the development and observance of special safety rules for the operation of such class ships.*

*Keywords: gas carrier-methane carrier, floating storage regasification unit, transportation of liquefied natural gas.*

Стратегия развития крупнейшей российской компании ОАО «Совкомфлот», занимающейся морскими перевозками углеводородного сырья, на период до 2018 года предусматривает строительство и ввод в эксплуатацию нескольких крупных судов газозовозов-метановозов ледового класса, оснащенных новейшими технологиями в области перевозки и хранения сжиженного природного газа (СПГ). Повышенный интерес нашей страны к перевозкам углеводородного сырья морем вполне объясним. Транспортировка углеводородов в сжиженном виде морским путем обуславливается как ростом потребления СПГ в регионах, куда невозможно доставить газ с помощью трубопроводов, так и развитием и удешевлением новых технологий, позволяющих сжижать газ, сжимая его в 600 раз и охлаждая до  $-163^{\circ}\text{C}$ . Хотя трубопроводный газ на сегодняшний день дешевле сжиженного, рынок СПГ стремительно развивается. Экономичность транспортировки сжиженного газа морским путем по сравнению с транспортировкой по трубопроводам растет по мере увеличения дальности перевозки. Так на расстояние 5000 км перевозка СПГ морем обходится не дороже перекачки по магистральному трубопроводу на 2500 км, а экономически эффективной становится уже на расстоянии, превышающем 4000 км [1].

В 2015 году рынок сжиженного природного газа показал рост на 4,7% и составил 244,8 млн. тонн (10% от общего объема продаж газа), а к 2030 году составит 500 млн. тонн в год (685 млрд.  $\text{м}^3$ ), т.е. 50% всего рынка газа [2].

Россия, имея треть мировых запасов природного газа, занимает лишь 5% рынка СПГ (10,9 миллиона тонн). В нашей стране введен в строй единственный завод по сжижению газа на Сахалине мощностью до 10 млн тонн в год, продукция с которого доставляется в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) с помощью трех газозовозов ледового класса, тогда как в США сейчас ведется строительство шести заводов СПГ - до 250 млн. тонн в год. «Пропустив» сланцевую революцию, мы не имеем права отдавать стремительно развивающийся рынок сжиженных углеводородов другим странам.

Вхождению нашей страны на мировой рынок СПГ с Востока способствовали как наличие богатых месторождений природного газа на Дальнем Востоке и в Арктике, так и увеличение спроса на газ со стороны азиатских стран. На сегодняшний день в стадии активного строительства находится завод по производству СПГ на Ямале, призванный внести свою лепту в возрождение Северного морского пути, активно разрабатываются планы постройки СПГ-терминала во Владивостоке и Мурманске (Штокмановское месторождение). Реализация этих проектов, конечно, требует эксплуатации газозовозов в сложных ледовых условиях Крайнего Севера, но с точки зрения перевозки СПГ этот путь удобен, т.к. является кратчайшим между Северной Европой и странами АТР. Его использование позволит существенно сократить время транспортировки углеводородов и снизить стоимость доставки грузов. Для воплощения этих проектов в жизнь «Газпром» в 2013-2014 годах построил в Южной Корее – лидере по строительству судов данного типа – суперсовременные суда-газовозы «Великий Новгород» и «Псков». Однако, ухудшающаяся политическая ситуация, проблемы с транспортировкой газа через Украину и Прибалтику, внесли свои корректировки, и в качестве первоочередной задачи поставили вопрос об энергетической независимости Калининградской области. Строительство СПГ-терминала в Клайпеде и приобретение Литвой плавучего хранилища сжиженного природного газа, оснащенного судовой регазификационной установкой «Independence» осложнило реализацию проектов «Газпрома». В связи с этим, на класс Российского морского регистра судоходства (РС) было решено построить на южнокорейской верфи Hyundai Heavy Industries в срок до конца 2017 года танкер-газовоз, оборудованный регазификационной установкой, который также может использоваться как плавучее хранилище сжиженного природного газа (FSRU – Floating Storage Regasification Unit). Судно будет оборудовано средствами для эффективной защиты от обледенения и сможет длительно работать в условиях низких (до  $-30^{\circ}\text{C}$ ) температур зимой и  $+35^{\circ}\text{C}$  летом при температуре воды от  $-2^{\circ}\text{C}$  до  $+24^{\circ}\text{C}$ . Ледовые усиления категории Arc4 позволят совершать плавание в однолетнем льду толщиной до 0,9 м в летне-осенний период [3].

Плавучая установка, сочетающая функции перевозки и регазификации, что позволяет судну напрямую подключаться к трубопроводу и разгружаться самостоятельно, минуя терминал регазификации, должна обеспечивать круглогодично и круглосуточно выполнение следующих основных функций:

- прием СПГ с газозовозов через гибкие шланги;
- прием и выгрузка СПГ с береговых терминалов и на терминалы через грузовые манифольды;
- хранение СПГ в специальных изолированных ёмкостях;
- регазификация СПГ с помощью установки, расположенной на борту;
- выгрузка природного газа через приёмные стендеры высокого давления, расположенные на терминале;
- возможность отсоединяться от причала в случае, если внешние условия превышают расчетные параметры стоянки у причала;
- морская транспортировка СПГ (возможность идти своим ходом и использование FSRU в режиме челночного газозова).

Технические характеристики судна: объем хранения СПГ –  $174000\text{ м}^3$ , из которого в результате регазификации может быть получено до 95 млн.  $\text{м}^3$  природного газа, дедейт до 125000 т, производительность испарителя СПГ макс./мин. –  $1320000/460000\text{ м}^3/\text{сутки}$ , испарение СПГ – не более 0,15 объем%/сутки, скорость погрузки СПГ –  $10000\text{ м}^3/\text{ч}$ , скорость полного хода – не менее 19,5 узлов, автономность - 30 суток, срок службы судна – не менее 30 лет.

Размеры судна составят: длина до 295 м, ширина до 46,4 м, высота борта до 26,4 м.

FSRU будет базироваться в новом СПГ-терминале в Калининграде, с которым судно свяжут трубопроводы длиной 3-3,5 км. Поставку жидких углеводородов планируется осуществлять небольшими судами-газовозами из нового СПГ-терминала, который "Газпром" построит недалеко от Усть-Луги в Ленинградской области. Балтийский СПГ будет использовать природный газ из трубопровода, пролегающего под Балтикой и транспортирующего газ в направлении Германии [3].

Для хранения жидких углеводородов на судовой регазификационной установке предусмотрено использование призматических мембранных танков. В настоящее время на газовозах применяются два типа грузовых танков для перевозки СПГ: сферические и встроенные призматические мембранные. Сферические изготавливаются из алюминиевых сплавов, толщина корпуса резервуара составляет 30-70 мм. Танки устанавливаются в корпус судна без соединения с корпусными конструкциями, они опираются на днище корабля через специальные цилиндры. Призматические мембранные танки имеют прямоугольную форму. Мембраны изготавливаются из листов легированной стали или железо-никелевого сплава толщиной около 1 мм и являются оболочкой, в которую загружается сжиженный метан. Все статические и динамические нагрузки передаются на корпус судна через слой теплоизоляции. При вместимости газовоза до 130000 м<sup>3</sup> использование сферических танков более эффективно, чем мембранных, но при увеличении объема до 165000 м<sup>3</sup> СПГ и выше предпочтительно использовать мембранные танки, т.к. они легче, чем сферические, и их форма позволяет использовать пространство корабля с максимальной эффективностью. В результате, мембранные газовозы имеют меньшие размеры и водоизмещение в расчете на единицу грузоподъемности. Они дешевле при постройке и экономичнее в эксплуатации [4].

Эксплуатация газовозов осуществляется согласно РД 31.11.81.43-83, разработанных ЦНИИ морского флота и утвержденных Министерством морского флота СССР в 1985 году [5]. Эти правила строго регламентируют соблюдение на танкерах-метановозах правил безопасности при транспортировке жидкого топлива, погрузо-разгрузочных и ремонтных работах.

Особенностью судов-метановозов является то, что в качестве топлива для дизель-электрической энергетической установки, обеспечивающей требуемые режимы движения судна и снабжение судовых потребителей необходимыми видами энергии, используется газ, испаряющийся из танков. Таким образом, объемы доставленного потребителю топлива всегда меньше, чем количество загруженного в танкер СПГ. В настоящее время количество используемого пара СПГ оптимизируется автоматическими системами контроля, а выброс избыточного пара метана в атмосферу сведен к минимуму.

Жидкий метан чрезвычайно пожароопасен как при движении по трубопроводам, так и при транспортировке. В связи с этим не допускается его соприкосновение с газовой средой, содержащей более 5% кислорода. Для инертизации трубопроводов и резервуаров с метаном на FSRU предусмотрены системы производства и распределения азота и инертного газа. Чистый азот используется обычно только для продувки трубопроводов. Для инертизации газового пространства над зеркалом жидкого метана в резервуар закачивают инертный газ, состоящий из 84-85% азота и 14-15% углекислого газа. Этот газ на борту судна получают при помощи эффективного сжигания дизельного топлива в, так называемом, генераторе инертного газа, при этом в продуктах горения содержится минимальное количество серы и кислорода (около 0,5%).

Азот применяют на газовозе и как газ-носитель в системе порошкового тушения. В качестве огнетушащего порошка используют хлорид или бикарбонат натрия. Порошок распыляется над горячей поверхностью. При высокой температуре бикарбонат разлагается с выделением углекислого газа, в результате происходит

снижение содержания кислорода в зоне горения, а за счет наличия в воздухе огромного количества твердых частиц (на 1 кг порошка площадь поверхности составляет около 200 м<sup>2</sup>) происходит отбор тепла и снижение температуры.

Все поверхности газоведа, которые находятся в контакте со взрывоопасными грузами в процессе эксплуатации, должны иметь температуру, которая исключает самовоспламенение газа, поэтому при нагреве до 100°С автоматически запускается система водотушения и орошения водой. В момент возникновения пожара на судне ее воздействие весьма эффективно, поскольку происходит охлаждение поверхностей и предотвращение возникновения дополнительных источников возгорания [4].

Суда-газовозы одни из самых дорогих в мире. Ориентировочная стоимость FSRU составляет 18-22 млрд. рублей. На сегодняшний день доля морской транспортировки составляет около четверти конечной цены природного газа. Развитие российских проектов СПГ неизбежно ставит вопрос о возможностях строительства судов этого типа на отечественных верфях. Большие надежды возлагаются в связи с этим на Дальневосточный завод «Звезда», который совместно с Hyundai Heavy Industries и Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering планирует в 2018 году ввести в строй новую верфь по производству современных и высокотехнологичных судов для перевозки СПГ.

#### *Список литературы*

1. Морская транспортировка СПГ: мировой опыт и российские перспективы.– Режим доступа:<http://ati.su/Media/Article.aspx?ID=1541&HeadingID=2>, свободный.
2. Обзор «Природный газ на транспорте». Режим доступа:<http://www.gazpronin.ru/01obzor.html>, свободный.
3. На класс РС строится газовоз с регазификационной установкой. – Режим доступа:[http://portnews.ru/top\\_news/212608/](http://portnews.ru/top_news/212608/), свободный.
4. Баскаков С.П. Перевозка сжиженных газов морем: Учебное пособие / С.П. Баскаков. СПб.: Судостроение. 2001. 272 с.
5. Правила перевозки сжиженных газов наливом специализированными судами-газовозами: РД 31.11.81.43-83: утв. Минморфлот СССР 01.01.1983.-М.: В/О Мортехинформреклама. 28 с.

УДК 62-2

## **МЕТОДИКА СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ОТ ДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕГРУЗОК**

*Иванов Константин Серафимович* – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой механики и инженерной графики

*Широухов Александр Валерьевич* – заместитель начальника кафедры механики и инженерной графики

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Аннотация.* Рассматриваются условия работы виброзащитных систем элементов базовых шасси, а так же предлагаются методы синтеза виброзащитных систем с оптимальными характеристиками на основе решения оптимизационных задач решаемых методов случайного или градиентного поиска. Предлагаемая методика значительно упрощает решение задач синтеза виброзащитных систем.

*Ключевые слова:* значения действующих ускорений; спектр частот колебаний; жесткостные и демпфирующие характеристики; дифференциальные уравнения коле-

*бательного движения; критерий качества; метод оптимизации характеристик; методика синтеза.*

## THE TECHNIQUE OF SYNTHESIS OF OPTIMAL SYSTEMS OF PROTECTION UNITS OF FIRE AND RESCUE VEHICLES FROM DYNAMIC OVERLOADS

*Ivanov Konstantin S. – Head of the Department of Mechanics and Engineering Graphics*

*Shiroukhov Alexandr V. – Deputy Chief of the Department of Mechanics and Engineering Graphics*

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract. Examines the working conditions of vibration protection systems elements the basic chassis, as well as suggested methods for the synthesis of vibration protection systems with optimal characteristics on the basis of the solution of optimization problems solvable random techniques or gradient search. The proposed method greatly simplifies the solution of problems of synthesis of vibration isolation systems.*

*Keywords: the values of the current acceleration; range of frequencies; stiffness and damping characteristics; differential equation of oscillatory motion; the criterion of quality; a method of optimization characteristics; method of synthesis.*

При эксплуатации пожарно-спасательных автомобилей (ПСА) до 70 % времени приходится на движение с повышенными скоростями, в результате чего элементы автомобильного базового шасси (АБШ) подвергаются воздействию динамических нагрузок превышающих значения нормальных рабочих режимов.

Возникающие динамические перегрузки приводят в ряде случаев к существенному снижению надежности техники и отказу оборудования, которые существенно удорожают стоимость восстановления работоспособности, так как в 30% случаев являются причиной неремонтопригодного разрушения элементов узлов и агрегатов АБШ и монтируемого оборудования (МО) [1].

Значения действующих ускорений на элементы АБШ ПСА и их спектральное распределение является доминирующим фактором. Проведенный эксперимент, показал, что возмущающие функции дорог, с типовыми статистическими характеристиками, при эксплуатационных скоростях движения (60...80 км/ч) возбуждают в динамических системах ПСА колебательные процессы с частотами 100...150Г. При движении базового шасси с различными скоростями, видно, что при увеличении скорости ПСА амплитуда колебаний уменьшается, а частота увеличивается (рис. 1), при этом форма кривой распределения становится более полой. То есть, при нормальном законе распределения спектра частот, что подтверждено экспериментально, с ростом скорости движения математическое ожидание частоты смещается в сторону увеличения, а среднее квадратическое отклонение увеличивается.

Основная часть значений действующих ускорений приходится на диапазон 8,7...12,5 Нм/с<sup>2</sup>. Данное распределение носит нормальный характер, что совпадает с результатами теоретических расчетов, при этом характер изменения распределения действующих ускорений практически не зависит от скоростей движения и качества дорожного покрытия [1]. Таким образом, при статистически известных режимах возмущений, основная часть значений действующих ускорений распределяется в соответствии с рисунком 2, а спектр частот колебаний находится в интервале 2...40 Гц (рис. 2).

Эффективная защита элементов АБШ ПСА от динамических перегрузок при их эксплуатации возможна лишь при условии создания (синтеза) виброзащитных систем (ВС) с оптимальными жесткостными и демпфирующими характеристиками. Для решения задачи синтеза рассмотрим пожарно-спасательный автомобиль как многомассовую колебательную систему и упруго закрепленное МО.

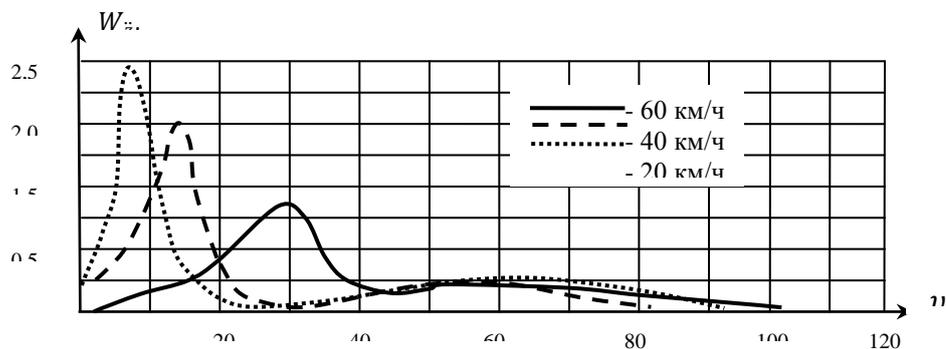


Рисунок 1 – Амплитудно-частотная характеристика по ускорениям элементов АБШ АЦ-5-40(шасси КамАЗ 43114)

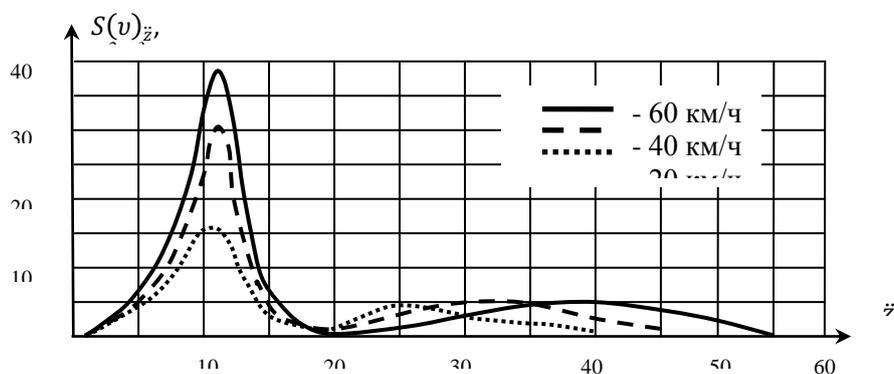


Рисунок 2 – Спектральные плотности ускорений элементов АБШ ПСА АЦ-5-40(шасси КамАЗ 43114)

В них колебания могут быть описаны системами дифференциальных уравнений, которые получены на основе уравнения движения механической системы в обобщенных координатах, которое позволяет объединить в одной зависимости функции всех видов энергий участвующих в колебательных процессах.

На основе систем дифференциальных уравнений колебательного движения АБШ и МО, приведенных к нормальной форме [2] получаем математические модели динамических систем закрепления узлов и агрегатов АБШ и МО ПСА, работающие в различных режимах.

Задачи синтеза динамических систем с заданной структурой сведена к определению оптимальных значений их параметров  $\bar{U}$  на основе выбранного критерия качества и известных возмущающих функций  $\bar{Q}$ . Применительно к ВС задача состоит в определении жесткостных –  $c_i$  и демпфирующих –  $k_i$  характеристик упругих элементов, входящих в состав динамической системы.

Поскольку, при проектировании подвесок АБШ приходится решать задачу о выборе оптимального соотношения параметров управляемости и комфорта (плавности хода), следовательно, встает вопрос о выборе эмпирических параметров, способных характеризовать качество ВС подвесок АБШ, при этом критерии качества должны пра-

вильно отражать цели оптимизации, быть простыми и удобными в вычислительном аспекте.

Для ВС элементов АБШ и МО критериям качества  $I$  приняты функционалы от векторов выходных координат объекта виброзащиты  $\bar{\Theta}$  и оптимизируемых параметров  $\bar{U}$ , то есть  $I = f(\bar{\Theta}; \bar{U})$ .

В соответствии с целями оптимизации критерии качества ВС элементов АБШ и МО применительно к ПСА разделены на три группы [2]. К первой группе могут быть отнесены критерии, обеспечивающие минимизацию динамических нагрузок, действующих на элементы АБШ и МО. Оптимизация параметров виброзащитных систем с целью максимизации скоростей движения ПСА, а также длительные эксплуатации на них элементов АБШ и МО при определенном виде возмущений (например, при движении по одному из типов дорог и т.д.) проводится на основе критериев, относящихся ко второй группе. Оптимизация нерегулируемых ВС с постоянными параметрами проводится на основе более обобщенных критериев, относящихся к третьей группе.

Для решения задач оптимизации использованы глобальные методы случайного поиска, основанные на шаговых алгоритмах [3].

На основе данных методов оптимизации характеристик и анализа эффективности существующих ВС разработана методика синтеза ВС для защиты агрегатов ПСА от динамических нагрузок [4], включающая следующие этапы:

- а) выбор компоновки ПСА и опор элементов АБШ, выбор типа конструктивной схемы вторичной ВС МО;
- б) выбор расчетных режимов динамических воздействий на АБШ и МО, исходя из условий использования ПСА по прямому назначению;
- в) выбор и обоснование колебательной схемы агрегата, составление дифференциальных уравнений, описывающих движение ПСА при расчетных режимах возмущений;
- г) выбор критериев качества вторичных ВС МО;
- д) определение ограничений;
- е) выбор метода оптимизации;
- ж) определение оптимальных характеристик вторичных ВС ПСА;
- и) выбор типов упругих и демпфирующих элементов;
- к) определение максимальных значений ускорений элементов АБШ и МО и деформаций упругих элементов.

Экспериментальная проверка данных теоретических исследований, показала возможность существенного снижения динамических нагрузок, действующих на элементы АБШ и МО, при использовании подвесок с оптимальными параметрами. Так, при параметрах подвески АЦ-5-40 на шасси КамАЗ 43114, оптимальных для условий ее движения по булыжному шоссе со скоростью 40...45 км/ч, ускорения элементов подвески АБШ по сравнению со штатной могут быть снижены в 1,5...2,0 раза.

Таким образом, разработанные эмпирические критерии оценки качества ВС, позволяют провести на этапе формирования технического предложения объективное сравнение качества различных конструкций виброзащитных систем с учетом условий их дальнейшего применения. Разработанные группы критериев позволяют производить объективную оценку по ряду выходных параметров в зависимости от целей, ставящихся перед ВС при проектировании. Методика, созданная, на основе шаговых алгоритмов оптимизации жесткостных и демпфирующих параметров, позволяет добиться оптимальных результатов при создании систем защиты элементов АБШ и МО ПСА от динамических перегрузок при различных условиях эксплуатации.

### Список литературы

1. Иванов К.С. Методика статистического анализа динамических нагрузок, действующих на пожарные автомобили при движении по лесным дорогам: дис. канд. тех. наук:05.26.02/ Иванов Константин Серафимович. Москва. 2005. С. 118.
2. Иванов К.С., Широухов А.В. Эмпирические критерии качества виброзащитных систем пожарно-спасательной техники // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2014. № 3 (31). С. 29-36.
3. Иванов К.С., Широухов А.В. Оптимизационные задачи синтеза виброзащитных систем элементов автомобильных базовых шасси пожарно-спасательной техники // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2015. № 3 (35). С. 92-98.
4. Широухов А.В. Методика синтеза оптимальных систем защиты узлов и агрегатов пожарно-спасательных автомобилей от динамических перегрузок // Единый Всероссийский научный вестник. Москва. 2016. Часть 3. № 3. С. 120-124.

УДК 625.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ГАБАРИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ОЧАГА И ПРИЧИНЫ ПОЖАРА

**Бельшина Юлия Николаевна** – кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз

**Щенков Артем Дмитриевич** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Статья посвящена изучению поверхности габаритных элементов автомобиля. Габаритные элементы автомобиля являются одним из источников информации как о распространении горения.

Ключевые слова: габаритные элементы, лакокрасочные материалы, автомобиль.

## THE STUDY OF THE SURFACE OF THE MARKER ELEMENTS OF THE CAR TO ESTABLISH THE FOCUS AND CAUSE OF THE FIRE

*Belshina Julia N. – Ph.D. Head of the Department of Forensics and Technical Expertise*

*Shchenkov Artem D. – aspirant*

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

Abstract. The article is devoted to the study of the surface of the marker elements of the car. Overall elements of the car are a source of information about the spread of combustion.

Keywords: dimensional elements, paint materials, car.

Исходя из статистических данных, число пожаров на автотранспорте растет каждый день, такие пожары, как правило, относятся к особо тяжелым авариям и регулярно приводят к человеческим жертвам. При реконструкции развития пожаров на автотранспорте особый интерес, представляют изделия из металлов и их сплавов. Это обу-

словлено, во-первых, именно на металлах остаются наиболее локальные следы при тепловом воздействии, что в случае исследования объектов небольших габаритов, таких как автомобили (особенно легковые), крайне важно. Во-вторых, элементы из металла сохраняются гораздо лучше после пожаров и, а в случаях, когда от автомобиля не остается ничего кроме каркаса (габаритных элементов), единственным источником экспертной информации о пожаре, являются металлические элементы каркаса.

Одним из источников информации при пожаре на автотранспорте является исследование поверхности габаритных элементов автомобиля различными полевыми методами. Они могут рассказать как о распространении горения, так и помогают при установлении очага и причины пожара. В настоящее время для решения данной задачи используются методы, предназначенные для исследования металлов, а именно магнитный метод и вихрековый анализ.

В основе данных методик лежит изменение структуры и химического состава металлических поверхностей под воздействием высоких температур. При этом практически не уделяется внимание изменениям, происходящим в составе лакокрасочного покрытия на металле. Покрытия имеют сложный состав, это позволяет использовать результаты его как визуального, так и инструментального исследования в широком температурном диапазоне. Целью данного исследования стало исследование изменений в элементном составе ЛКП при нагреве. В качестве объектов исследования был выбран фрагмент кузова автомобиля с вишневым акриловым ЛКП, полученным в заводских условиях. Образец был разделен на пробы размеров 5x5см. Образцы помещали в муфельную печь СНОЛ и выдерживали в течение 15 мин при температуре от 100<sup>0</sup>С до 700<sup>0</sup>С. После чего образцы вынимали и визуально оценивали произошедшие с ними изменения. Затем остатки покрытия снимались с подложки и исследовались.

Рентгенофлуоресцентный анализ проводили на рентгенофлуоресцентном спектрометре Niton.

При нагревании для данного образца наблюдалось постепенное изменение цвета от вишневого до желтого. До температуры 200 °С покрытие сохраняет первоначальный цвет, происходит его незначительное разрушение по краям. При температуре 300 °С покрытие становится черным, оно частично отслаивается, однако сохраняет связь с подложкой. При 400 °С покрытие светлеет и частично осыпается, однако его внутренние слои сохраняют связь с подложкой. При 500 °С продолжает осыпаться верхний слой покрытия, по краям оно начинает отставать от подложки. При 600 °С покрытие вспучивается и частично разрушается, откалываясь от подложки, при 700 °С оно практически не держится на подложке. При нагреве выше 500 °С покрытие приобретает желтый цвет.

Результаты определения количественного содержания различных элементов, фиксируемых в данном образце при различных температурах выдержки, представлены в таблице 1. В работе не ставилась задача установления природы ЛКП, сравнительный анализ, применяемый в пожарно-технической экспертизе, не требует точной идентификации материала, достаточно выявить изменения, характерные для большинства образцов.

Следует отметить, что элементы, не определяемые прибором, объединяются и определяются в совокупности, обозначаясь в таблице символом Val.

Из таблицы 1 видно, что при увеличении температуры происходит снижение содержания в образце неопределяемых элементов, увеличение содержания титана и железа. Данные элементы могут входить как в состав функциональных добавок – красителей, стабилизаторов, антиоксидантов, наполнителей и других.

Таблица 1 – Результаты определения количества основных элементов на поверхности ЛКП автомобиля

| Температура, °С | Содержание элементов ppm |       |        |       |       |
|-----------------|--------------------------|-------|--------|-------|-------|
|                 | Ba                       | Fe*10 | Bal*10 | Pb    | Ti    |
| 20              | 14722                    | 9771  | 84311  | 16392 | 19525 |
| 100             | 14258                    | 16036 | 77896  | 10954 | 27329 |
| 200             | 13983                    | 15705 | 78355  | 10222 | 27348 |
| 300             | 15546                    | 15474 | 77738  | 13643 | 29193 |
| 400             | 21086                    | 35238 | 53413  | 12283 | 67474 |
| 500             | 23010                    | 37032 | 50699  | 14632 | 70487 |
| 600             | 20596                    | 39182 | 48980  | 15923 | 67908 |
| 700             | 20670                    | 37704 | 51023  | 15317 | 63037 |

Однако в работе задачи устанавливать природу компонентов, в которые входят фиксируемые методом РФА элементы, не ставилось. Также нельзя исключить, что некоторые из фиксируемых элементов являются следствием загрязнения или попадают в ЛКП в процессе нанесения покрытия. Содержание в составе покрытия бария и свинца также несколько увеличивается, но четкой зависимости содержания данных элементов от температуры не прослеживается.

Нужно отметить, что изменение содержания многих из элементов происходит по мере нагревания неравномерно: сначала плавно увеличивается или уменьшается, а при температуре 300°C большинство построений характеризуются резким изменением содержания элементов. После же 400°C изменения в содержании элементов происходят незначительные. Объяснить это можно тем, что именно при этих температурах происходит выгорание полимерного связующего покрытия. Данный диапазон характеризуется ссыпанием верхнего декоративного слоя покрытия образца, элементы, содержащиеся после 400°C, относятся скорее к внутренним слоям покрытие – шпатлевке и грунтовке.

Интересно также проследить динамику содержания элементов, не относящихся к идентифицируемым прибором, а объединяемым им в единую группу Bal. Они составляют основу материала (изначально их содержится около 80% от совокупного содержания всех элементов). При температуре от 300 до 400 °С их содержание снижается на 50%, после чего практически не меняется. До 700 °С содержание в образце Bal варьируется около 50%. В данную группу элементов входят все элементы периодической системы до Mg. Соответственно, в нее попадает кислород, который среди прочих элементов данной группы, может содержаться в соединениях на разлагающихся до 700 °С, например, оксидах различных металлов, которые часто используются в качестве наполнителей в шпатлевках или целевых добавок в грунтовках. Именно поэтому содержание Bal в покрытии так велико, даже при высоких температурах. Аналогичные, проводимые с покрытиями автомобилей, показывали плавное снижение содержания Bal в широком диапазоне температур, вероятно характер зависимости определяется в первую очередь природой покрытия. Помимо основных элементов, в покрытии фиксировались также элементы, представленные в таблице 2.

В целом для них также наблюдается резкое изменение в содержании в диапазоне от 300 до 400 °С, при этом можно отдельно выделить плавное увеличение содержания хлора до температуры 500 °С, которое описывается линейным уравнением, указанным на рисунке, достоверность аппроксимации при этом составляет  $R^2=0,94$ .

Таблица 2 – Результаты определения количества второстепенных элементов на поверхности ЛКП автомобиля

| Температура,<br>оС | Содержание элементов ppm |      |      |      |      |      |     |
|--------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|-----|
|                    | Ni                       | Zn   | Cr   | V    | As   | Cl   | Sb  |
| 20                 | 97                       | 1419 | 1779 | 1532 | 1637 | 1017 | 862 |
| 100                | 101                      | 2052 | 1242 | 1721 | 1157 | 1146 | 564 |
| 200                | 119                      | 2094 | 1157 | 1803 | 1088 | 929  | 478 |
| 300                | 106                      | 2003 | 1607 | 2031 | 1308 | 1549 | 714 |
| 400                | 184                      | 4210 | 1298 | 3392 | 1128 | 1903 | 319 |
| 500                | 228                      | 4641 | 2094 | 3425 | 1402 | 1997 | 456 |
| 600                | 172                      | 4065 | 2158 | 3275 | 1525 | 2018 | 411 |
| 700                | 154                      | 3763 | 2390 | 3352 | 1420 | 1646 | 648 |

Таким образом, показано, что с помощью портативного прибора РФА может быть определено содержание различных элементов, фиксируемых в данном образце при различных температурах выдержки. Разброс определяемых содержаний для определённых элементов (железа, титана, бария) не позволяет их рекомендовать для целей пожарно-технической экспертизы.

Полученные результаты показали, что при использовании рассмотренных в работе полевых методов исследования габаритных элементов автотранспортных средств, можно четко дифференцировать зоны разной степени термического воздействия.

#### Список литературы

1. Сысоева Т.П., Бельшина Ю.Н., Галишев М.А. Комплексная методика анализа окрашенных стальных элементов автомобиля, на основе полевых методов исследования // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». 2015. № 1. С. 53-61.
2. Сысоева Т.П. Металлографические методы исследования аварийных режимов в электросетях и внедрение их в подготовку судебных экспертов // Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: материалы Международной научно-практической конференции, 24 октября 2012 г. СПб: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. 2012.
3. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты методы, методики исследования) – СПб: СПБИБ МВД России. 1997. 562 с.
4. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Экспертное исследование пожара в автомобиле Mitsubishi Space Star // Сборник статей «Расследование пожаров». М.: ВНИИПО. 2005. Вып. 1.

## СОЗДАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ИНТУМЕСЦЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*Зыбина Ольга Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной безопасности*

*Устинов Андрей Александрович – магистрант кафедры пожарной безопасности*

*Гавахунова Рауана Азатжановна – магистрант кафедры пожарной безопасности*

*Полякова Виктория Игоревна – магистрант кафедры пожарной безопасности Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого*

*Аннотация.* Статья посвящена основам создания высокоэффективных интумесцентных композиций для обеспечения пожарной безопасности железнодорожных объектов.

*Ключевые слова:* железная дорога, пожарная безопасность, огнезащита материалов и конструкций, интумесцентные композиции.

## CREATION OF HIGHLY EFFICIENT INTUMESCENT COMPOSITIONS FOR FIREPROOFING OF RAILWAY FACILITIES

*Zybina O. A. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the "Fire safety" Department*

*Ustinov A. A. – master-student at the "Fire safety" Department*

*Gavakhunova R. A. – master-student at the "Fire safety" Department*

*Polyakova V. I. – master-student at the "Fire safety" Department*

*Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University*

*Abstract.* The article overviews foundations of creation of highly efficient intumescent compositions for fire safety of railway facilities.

*Keywords:* railway, fire safety, fireproofing of materials and buildings, intumescent compositions.

В настоящее время услугами железных дорог в России пользуются миллионы человек ежедневно. С помощью железнодорожного транспорта (ЖДТ) перевозится огромное количество различных грузов, зачастую взрывоопасных или токсичных (кислоты, нефтепродукты, удобрения и т.д.). Несмотря на предпринимаемые меры по повышению противопожарной защиты стационарных объектов ЖДТ и подвижного состава, проблема обеспечения пожарной безопасности железнодорожных перевозок продолжает оставаться крайне актуальной. Ежегодно на железнодорожном транспорте происходит более 200 пожаров, более половины из которых – в подвижном составе [1].

Одним из способов профилактики возникновения пожаров является применение огнезащитных составов вспучивающегося типа. Последние используются для защиты двух типов железнодорожных объектов: подвижного состава (локомотивы, грузовые и пассажирские вагоны) и стационарных точек (здания депо, вокзалы, станционные постройки, тоннели, мосты через водные преграды). В первом типе объектов основную массу горючих веществ составляют древесные, композиционные и полимерные материалы, для которых нужна огнезащита. Современные требования к вновь строящимся

железнодорожным пассажирским вагонам предусматривают необходимость использования материалов, обладающих повышенной пожаробезопасностью, высокими эксплуатационными и экологическими характеристиками при относительно низкой стоимости. Для второго типа требуется увеличивать огнестойкость металлических и железобетонных конструкций, в том числе с помощью огнезащитных покрытий [1]. В обоих случаях обеспечение требуемого уровня противопожарной защиты достигается только, если применяются эффективные огнезащитные составы.

Вспучивающиеся огнезащитные покрытия при воздействии высоких температур и пламени образуют пенококсы, который имеет объем во много раз больше первоначального объема покрытия. Ячеистый коксовый слой, плотность которого уменьшается с ростом температуры, предохраняет нагреваемую конструкцию от воздействия теплового потока, а горючий материал от пламени в течение времени, необходимого для эвакуации людей и принятия мер по тушению пожара [2]

До недавнего времени отсутствовала стройная теоретическая концепция, касающаяся создания интумесцентных композиций, как следствие, создавалось большое количество рецептур, не позволяющих получить покрытия с заданной огнезащитной эффективностью. В результате проведенных исследований [2] нами были кардинально пересмотрены функции основных ингредиентов интумесцентных огнезащитных композиций и предложен более обоснованный механизм синтеза интумесцентного слоя при термолитическом синтезе интумесцентного покрытия, что позволяет направленно задавать свойства создаваемых интумесцентных покрытий.

Направленное регулирование свойств огнезащитных композиций вспучивающегося типа, главным образом повышение их эффективности, обеспечивается составлением рецептур, в которых суперпозиция обязательных ингредиентов обуславливает своевременное протекание всех необходимых физико-химических процессов. В большинстве случаев применяются вспучивающиеся составы на основе тройной интумесцентной композиции, включающей меламин (МА), пентаэритрит (ПЭ), полифосфат аммония (ПФА) [3,4]. Обобщенный механизм термолитического синтеза теплоизолирующего пенококсового слоя таков: при преодолении определенного температурного порога запускается синтез каркасообразующих (аминоальдегидных) смол из меламина и альдегидов, образующихся в результате термической деструкции пентаэритрита и связующего полимера; одновременно с образованием аминоальдегидных смол начинает разлагаться полифосфат аммония с выделением газообразных продуктов, которые вспенивают смоляную массу; и фосфорных кислот, которые сшиваются в объеме образовавшийся полимерно-олигомерный каркас, отверждая его [2].

Исходя из представлений о том, что в основе формирования пенококсового слоя лежит синтез пространственно-сшитых аминоальдегидных смол, рассмотрим принципы составления интумесцентных огнезащитных композиций.

В качестве аминов в интумесцентных композициях чаще всего применяется меламин или вещества, способные к синтезу азотосодержащих гетероциклических структур (карбамид, дициандиамида, гуанидин). Источник альдегидов также давно был найден – это пентаэритрит. При составлении рецептур интумесцентных композиций соотношение ПЭ и МА традиционно бывает равным 1:1. При увеличении содержания ПЭ (2:1) увеличивается жесткость и хрупкость пенококсового слоя. При увеличении содержания меламина возрастает плотность метиленовых межмолекулярных связей и, следовательно, пенококсы приобретают большую прочность и термостойкость.

Полифосфат аммония – важнейший «многостаночник» интумесцентного процесса. Он вносит основной вклад в газообразование, своевременно освобождая в процессе химических превращений воду и аммиак. Согласно справочным данным [3], ПФА обычно плавится при температуре 180-185°C. Интенсивное разложение на аммиак и полифосфорную кислоту наступает при температуре 300°C. Однако в интумесцентных

композициях эффективными оказываются образцы с более высокими температурами разложения – 350 - 375°C. Как правило, это полифосфат аммония с какой-либо поверхностной обработкой [3,4]. В этом диапазоне температур уже существует аминокальдегидная смола, которая практически одновременно вспенивается и отверждается продуктами деструкции ПФА. При применении ПФА с более низкими температурами разложения пенококсы с заданными характеристиками не образуются.

Фосфорные кислоты, образующиеся из ПФА, катализируют процесс карбонизации с последующей графитацией образовавшегося пространственно-сшитого аминокальдегидного полимерно-олигомерного каркаса. Также они удерживают образующийся пенококсы на поверхности защищаемой конструкции за счет хемосорбции, являясь главным адгезионным агентом огнезащитного покрытия в случае защиты металлоконструкций. В эффективных интумесцентных составах обычно содержится 25-30% (масс.) полифосфата аммония [4].

Диоксид титана, о роли которого в интумесцентном процессе в литературе практически отсутствует какая бы то ни было информация, является, по нашим данным [5], зародышобразователем ячеистой структуры карбонизированной пены в силу того, что его частицы являются каталитическими центрами, на которых зарождается интумесцентный процесс – распадается на альдегиды пентаэритрит, и вокруг которых формируются значительные объемы газообразных продуктов. Наши исследования [5] показывают, что от природы поверхностной обработки диоксида титана зависит температура начала термолитического разложения пентаэритрита с образованием альдегидов. Меняя марки диоксида титана в композиции можно регулировать температуру «срабатывания» вспучивающегося покрытия. Помимо этого диоксид титана, являясь тугоплавким наполнителем, сообщает формирующемуся пенококсы дополнительные эксплуатационные свойства, в частности, большую термостойкость и адгезию.

Полимерное связующее в интумесцентных материалах, помимо обеспечения свойств, обязательных для большинства декоративных лакокрасочных покрытий, должно подвергаться деструкции в том же диапазоне температур, в котором разлагаются пенококсообразующие ингредиенты, чтобы не мешать протеканию химических реакций, приводящих к формированию субстратизирующего интумесцентного слоя. Связующие должны быть способны к образованию каталитически активных графитизированных структур, позволяющих получить в итоге более термостабильные пенококсы [6].

Углеродные нанодобавки (фуллерены и нанотрубки) – наиболее перспективные структурирующие и армирующие агенты, по сравнению с приведенными ранее [7]. Их введение в состав композиции (до 1%) способствует повышению эффективности огнезащитных интумесцентных материалов в условиях теплофизического режима, характерного для пожара. Однако необходимо отметить высокую стоимость чистых фуллеренов и нанотрубок.

На основе значительного объема полученных нами данных, были сформулированы основные подходы к созданию вспучивающихся огнезащитных композиций, которые могут применяться для обеспечения пожарной безопасности на объектах железнодорожного транспорта. Данные принципы легли в основу создания огнезащитного покрытия для основы фальшполов пассажирских вагонов, представляющие собой трехслойные алюминиевые панели, с заполнением из конструкционного пенопласта Airex T90. Данные панели в отсутствие огнезащиты не могут применяться в подвижном составе, т.к. при некоторых испытаниях демонстрируют неудовлетворительные показатели пожарной опасности, разработанное нами огнезащитное покрытие устраняет данную проблему (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели пожарной опасности основы фальшполов для подвижного состава с огнезащитным покрытием и без него

| Наименование показателя        | Метод испытаний по ГОСТ       | Результаты испытаний основы фальшполов |                          |
|--------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------|
|                                |                               | Без огнезащитного покрытия             | С огнезащитным покрытием |
| Группа горючести               | 30244-94                      | Г4                                     | Г1                       |
| Воспламеняемость               | 30402-96                      | В1                                     | В1                       |
| Токсичность продуктов горения  | 12.1.044 п.4.20 (ИСО 4589-84) | Т3                                     | Т2                       |
| Дымообразующая способность     | 12.1.044 п.4.18 (ИСО 4589-84) | Д1                                     | Д1                       |
| Распространение пламени        | 51032-97                      | РП1                                    | РП1                      |
| Индекс распространения пламени | 12.1.044 п.4.19               | 0                                      | 0                        |

*Список литературы*

1. Жуков В.И., Корольченко О.Н. Специфика огнезащиты железнодорожных объектов // Мир транспорта. 2012. № 1. С. 132-137.
2. Зыбина О.А., Варламов А.В., Мнацаканов С.С. Проблемы технологии коксообразующих огнезащитных композиций // Новосибирск: ЦРНС. 2010. 50 с.
3. Ненахов С.А., Пименова В.П. Физико-химия вспениваемых огнезащитных покрытий на основе полифосфата аммония. Литературный обзор // Пожаровзрывобезопасность. 2010. № 8. С. 11-58.
4. Пат. № 19940103258 ЕС. A melamine-coated ammonium polyphosphate and a process for producing the same/C. Fukumura, K. Inoue, M. Iwata, N. Narita, R.Takahashi. – Оpubл. 07.03.1993.
5. Полякова В.И., Зыбина О.А., Мнацаканов С.С. Функциональный вклад диоксида титана в термолитический синтез интумесцентных покрытий // Научно-технические проблемы функциональных материалов: материалы международной науч.-техн. конф. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГИКиТ. 2015.
6. Зыбина О.А., Якунина И.Е., Бабкин О.Э., Мнацаканов С.С., Войнолович Е.Д. Специфические реакции ингредиентов в огнезащитных вспучивающихся лакокрасочных композициях // Лакокрасочные материалы и их применение. 2014. № 12. С. 30-33.
7. Ломакин С.М., Зайков Г.Е. Новый метод снижения горючести полимерных материалов // Текстильная химия. 1995. № 2. С. 20 -33.

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ МЧС РОССИИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ТРАНСПОРТЕ

*Антюхов Валерий Иванович* – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры системного анализа и антикризисного управления

*Остудин Никита Вадимович* – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Рост городов в России, безусловно, связан с развитием транспортных систем и технологий. В связи с этим вопросы безопасности транспортных систем не теряют своей актуальности. Ликвидация последствий ЧС на транспорте процесс довольно сложный и требует качественного и количественного анализа проблемной области. Для повышения эффективности управления и качества принимаемых решений необходимо использование современных достижений в области систем искусственного интеллекта и информационных технологий.

Ключевые слова: интеллектуальная поддержка, системы искусственного интеллекта, транспорт, должностные лица, управление.

## THE APPLICATION OF SYSTEMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE ACTIVITIES OF OFFICIALS OF MANAGEMENT BODIES OF EMERCOM OF RUSSIA IN EMERGENCY TRANSPORT

*Antyukhov Valeriy I. – Ph.D, Professor, Professor of Chair of System Analysis and Crisis Management*

*Ostudin Nikita V. – adjunct*

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

Abstract. The growth of cities in Russia, of course, is associated with the development of transport systems and technologies. In this regard, the security issues do not lose their relevance. Liquidation of consequences of emergency situations on the transport process is quite complex and requires qualitative and quantitative analysis of problem areas. To improve management efficiency and the quality of decisions it is necessary to use modern achievements in the field of artificial intelligence and information technology..

Keywords: intelligent support systems, artificial intelligence, transportation, officials, management.

Современный город наполнен источниками потенциальной опасности для человека. При неблагоприятном стечении обстоятельств транспорт может являться источником угрозы здоровью и жизни граждан. Поэтому вопросы обеспечения безопасности на транспорте актуальны и требуют эффективного анализа. Также актуальным вопросом остаётся принятие решений должностными лицами органов управления МЧС России [1].

Залогом успешного предотвращения, прогнозирования и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) на транспорте, расчета оптимального состава сил и средств (СИС), адекватной помощи пострадавшим и защиты населения от ЧС природного и

техногенного характера является эффективная организация деятельности органов управления МЧС России.

Основные задачи, связанные с организацией управления в МЧС России, возложены на Единую государственную систему предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС).

В соответствии с задачами, возложенными на РСЧС [1], для осуществления оперативного управления и контроля функционирования подсистем и звеньев РСЧС в пределах имеющихся полномочий существуют органы повседневного управления РСЧС (рис. 1).



Рисунок 1 – Органы повседневного управления РСЧС

В деятельности органов управления МЧС России существует ряд проблем, связанных с качеством и оперативностью принимаемых решений. Эти проблемы могут негативно повлиять на дальнейший исход ЧС, привести к дополнительным материальным затратам и непредсказуемым последствиям [2]. Так, должностным лицам ЦУКС различных уровней управления МЧС России постоянно приходится решать вопросы оперативного реагирования на кризисные и чрезвычайные ситуации в условиях дефицита личного состава подразделений и наличия специалистов, имеющих еще не накопленный опыт практической работы в должности.

Объем и качество получаемой информации о кризисных и чрезвычайных ситуациях остаются недостаточными для принятия оптимального решения. Имеет место получение дезинформации, когда количество информации измеряется отрицательным значением или когда ценность полученной информации равна нулю (информационный шум). Это не позволяет реально оценить сложившуюся ситуацию, и, как следствие, значительно усложняет возможность адекватно управлять процессом ликвидации возможной кризисной или чрезвычайной ситуации.

Другая проблема связана с тем, что должностные лица выполняют значительный объем работ по содержательной обработке информации о кризисных и чрезвычайных ситуациях при ограниченном времени их проведения. Вследствие чего лицо принимающее решение (ЛПР) может произвести ошибки в расчетах или просто-напросто не успеть их провести, что также может привести к необратимым последствиям.

Существует большое число вариантов действий, связанных с принятием решений в условиях кризисных и чрезвычайных ситуаций из которых нужно выбрать оптимальное.

Предлагается следующий перечень задач и предложений для решения проблемных вопросов, основные направления и пути развития системы управления МЧС России при интеллектуальной поддержке оперативно-служебной деятельности должностных лиц подразделений МЧС России:

- подготовка и переподготовка специалистов подразделений ЦУКС, их обучение;
- автоматическое формирование логических выводов по накопленным ранее знаниям и статистическим данным;
- автоматическое обобщение и интерпретация знаний, получаемых от должностных лиц «кризисных» объектов и территорий, а также от экспертов;
- исключение из сферы деятельности личного состава ЦУКС тривиальных и часто повторяющихся операций;
- сокращение длительности цикла управления в подразделениях за счёт автоматизации составляющих этого цикла и другие задачи.

Для решения данных проблем предлагается проектирование и создание систем интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России. В рамках разработки данных систем авторами выделены следующие основные этапы:

- 1) моделирование процессов управления силами и средствами МЧС России, интеллектуализации деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России [3,4];
- 2) анализ и выявление проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России и анализ оперативной деятельности подразделений МЧС России [5,6];
- 3) оценка эффективности предложенных решений и моделей процессов интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России [7];
- 4) программная реализация процессов поддержки принятия решений [8].

Авторы продолжают исследование по интеллектуализации деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России с целью повышения эффективности функционирования органов повседневного управления РСЧС.

На настоящий момент разработаны следующие методики:

- 1) методика выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России;
- 2) методика анализа информационной потребности деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России;
- 3) методика выявления перечня задач интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС.

Данные методики позволили получить следующие результаты:

- выявлены проблемы в деятельности должностных лиц, характеризующиеся расхождением между существующими и требуемыми показателями качества;
- определен перечень задач, подлежащих автоматизированному решению;
- определен перечень задач, решаемых средствами интеллектуализации.

Направлением дальнейших исследований являются вопросы моделирования и оценки эффективности предложенных моделей.

#### *Список литературы*

1. Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 N 794 (ред. от 14.04.2015) "О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций".
2. Остудин Н.В. Интеллектуальная поддержка должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при решении задач обеспечения безопасности на транспорте // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015.: материалы Юбилейной Международной научно-практической конференции 24-25 ноября 2015 г., Санкт-Петербург. Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН. СПб.: 2015. С. 227-231.
3. Остудин Н.В. Моделирование процесса интеллектуализации деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. Т. 2. № 1 (4). С. 74-76.
4. Водахова В.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Комплексная математическая модель процесса управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2015. № 2 (34). С. 85-96.
5. Антюхов В.И., Остудин Н.В. Методика выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2016. № 1. С. 97-106.
6. Максимов А.В. Анализ оперативной деятельности подразделений ГПС МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2015. № 1 (13). С. 67-73.
7. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Методика оценки эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2015. № 4. С. 30-34.
8. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Программное обеспечение системы поддержки принятия решений по управлению силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2015. № 4 (36). С. 75-81.

## ДИСПЕРГИРОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ В СИСТЕМЕ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Ивахнюк Григорий Константинович – профессор, доктор химических наук, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств*

*Мифтахутдинова Александра Артуровна – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Аннотация.* Нанодисперсия – простой продукт нанотехнологий стала темой обсуждения из-за ее необыкновенной производительности передачи тепла в различных областях, включая охлаждение, производство электроэнергии, обороны, ядерная, космическая, микроэлектронике и биомедицинской техники. Тем не менее, стабилизация таких жидкостей является предметом исследования для лучшего понимания.

*Ключевые слова:* легковоспламеняющаяся жидкость, многослойные углеродные нанотрубки, нанокomпоненты, наножидкость, стабилизация, диспергирование.

## DISPERSING THE NANOPARTICLES IN THE SYSTEM OF FLAMMABLE LIQUIDS IN ORDER TO ENSURE FIRE SAFETY IN TRANSPORTATION OF OIL PRODUCTS

*Ivakhnyuk Grigory K. – professor, doctor of chemical sciences, professor of the department of fire safety of technological processes and production*

*Miftakhutdinova Alexandra A. – adjunct faculty 1st year of training of highly qualified personnel*

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract.* Nanodispersion, simple product of nanotechnology has become a topic of discussion - for its exceptional heat transfer performance in various areas, including cooling, power generation, defense, nuclear, aerospace, microelectronics and biomedical engineering. However, stabilization of such fluids is the subject of research for better understanding.

*Keywords:* flammable liquid, multiwall carbon nanotubes, nanocomponents, nanofluids, stabilization, dispersing.

Пожарная опасность процессов транспортировки легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей очень велика. Одной из проблем транспортировки на сегодняшний день является обеспечение пожарной безопасности таких процессов.

Основными проблемами применения суспензий ЛВЖ модифицированных нанокomпонентами являются стремительное оседание частиц, засорение проточных каналов, и увеличение перепада давления в жидкости.

И напротив, наночастицы из-за их высокого соотношения площади поверхности к объему могут оставаться во взвешенном состоянии и тем самым уменьшить эрозию и засорения. Таким образом, наножидкости привлекли большой интерес со стороны научного сообщества из-за их потенциальных выгод в таких областях, как микроэлектроника, транспортировка, хранение.

Наножидкости изготавливаются путем диспергирования наночастиц. Стабильность наножидкостей является важным и первичным требованием к изучению наножидкостей. Надлежащее использование всего потенциала наножидкостей зависит от их приготовления и стабильности.

Наножидкости могут потерять свой потенциал для передачи тепла из-за склонности к коагуляции.

Таким образом, исследование на устойчивость является неизбежной проблемой, которая может изменить теплофизические и электрофизические свойства наножидкости, а также важные для анализа факторы влияния на стабильность таких суспензий.

Одним из современных способов диспергирования наночастиц в базовой жидкости является добавление поверхностно-активных веществ [1]. Но следует отметить, что этот метод не может быть применим для наножидкостей, работающих в условиях высоких температур на учет вероятного повреждения связей между поверхностно-активным веществом и наночастицами [2].

Внутренние механизмы устойчивости. Стабильность может быть затруднена агрегацией частиц. Агрегирование наночастиц обусловлено суммой сил притяжения и отталкивания между частицами. Если преобладают силы притяжения более отталкивающие, то совокупность частиц в кластерах. Поэтому усиление сил отталкивания могут предотвратить агрегацию частиц и обеспечить стабильность.

Усиление может быть получено с помощью двух механизмов: электростатической стабилизации и стерической стабилизации [3].

Электростатическая стабилизация. Наличие электрического заряда на поверхности частиц является основным источником кинетической стабильности. Электростатическая стабилизация происходит за счет адсорбции ионов к поверхности. Адсорбция создает электрический двойной / много - слой, что приводит к ниобиевой силе отталкивания между нанокластерами. Однако электростатическая стабилизация является методом рН и ограниченного использования.

Стерическая стабилизация. Стерическая стабилизация наночастиц достигается путем присоединения (хемосорбции) макромолекулы, такие как полимеры или поверхностно-активных веществ на поверхности частиц. Стабилизация образуется из-за больших адсорбентов, которые обеспечивают стерический барьер для частиц, находящихся близко друг к другу. Например, стабильность графита в наножидкостях обусловлена защитной роли PVP – он предотвращает слипание наночастиц вследствие стерического эффекта [4].

Свойства суспензий с многослойными углеродными нанотрубками были изучены в расширенном диапазоне. Эти суспензии стабильны для содержания многослойных углеродных нанотрубок до 2% об. Стабильность, которая является наиболее важным вопросом, может быть затруднена агрегацией частиц. Агрегирование наночастицы обусловлено суммой сил притяжения и отталкивания между ними. Поэтому усиление сил отталкивания может предотвратить агрегацию частиц и обеспечить стабильность. Усиление осуществлялось с помощью электростатического механизма. Наличие электрического заряда на поверхности частиц является основным источником кинетической стабильности.

#### *Список литературы*

1. I. Madni, C.-Y. Hwang, S.-D. Park Y.-H. Choa, H.-T. Kim. Mixed surfactant system for stable suspension of multiwalled carbon nanotubes, Colloids Surface A: Physicochem. Eng. Aspects 358 (1-3). P.101-107. 2010.
2. M. Chandrasekar, S. Suresh, A. Chandra Bose. Experimental investigations and theoretical determination of thermal conductivity and viscosity of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/water nanofluid, J Exp. Therm. Fluid Sci. 34 (2). P.210 -216. 2010.

3. X.F. Li, D.S. Zhu, X.J. Wang, N. Wang, J.W. Gao, H. Li, Thermal conductivity enhancement dependent pH and chemical surfactant for Cu-H<sub>2</sub>O nanofluids, *Thermochim.Acta* 469 (1-2). P. 98-103. 2008.

4. M.N. Pantzali, A.A. Mouza, S.V. Paras, - Investigating the efficiency of nanofluids as coolants in plate heat exchangers (PHE), *Chem. Eng. Sci.* 64 (14), P. 3290-3300. 2009.

УДК 007:681.518.2, 550.388.2

## **ВИДЕОСИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ**

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

**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

**Алексеенко Ярослав Владимирович** – адъюнкт кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов

**Ермаков Евгений Павлович** – адъюнкт кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Предложена обобщенная схема глобальной системы наблюдения за лесными пожарами из космоса на основе технологии «система на кристалле». Рассмотрены спектральный метод высокоскоростной передачи видеоинформации и пространственный метод анализа и обнаружения лесных пожаров.

Ключевые слова: видеосистема на кристалле, обнаружение пожаров, космический мониторинг.

## **CRYSTAL VISION FOR DETECTION FOREST FIRES**

*Shatalova Natalia V. – PhD, leading researcher*

*Fahmi Shakib S. – Doctor of Science (Tech.), docent*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*Alekseenko Yaroslav V. – adjunct*

*Ermakov E.P. – adjunct*

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

Abstract. The generalized scheme of the global monitoring system for forest fires from space technology-based "system on chip". We consider the spectral method of high-speed transmission of video and three-dimensional method of analysis and detection of forest fires.

Keywords: the video system-on-chip, fire detection, monitoring from space.

С 1997 года в МЧС России функционирует Система космического мониторинга чрезвычайных ситуаций России (<http://ukmmchs.ru/>), одной из главных задач её является мониторинг природных пожаров на территории Российской Федерации и приграничных районах.

Под лесными пожарами понимается неуправляемое стихийно распространяющееся по лесной территории горение. Отличие природных пожаров от других чрезвычайных ситуаций природного характера заключается в их регулярности и большой территории распространения. Последствия катастрофических лесных пожаров сказываются на протяжении длительного времени и часто приводят к необратимым последствиям [1,2].

Для своевременного доведения информации об обнаруженных термических точках СКМ ЧС России информация передается как в текстовом виде (в виде таблиц), так и размещается в географической информационной системе «Каскад» (ГИС «Каскад») в виде векторных слоев, а также размещаются изображения (космические снимки) опасных очагов природных пожаров. Для более эффективного принятия управленческих решений, направленных на предотвращение человеческих жертв и материального ущерба, в ГИС «Каскад» добавлена различная необходимая информация (такая как торфяники, места массового отдыха людей, пожарные подразделения и т. п.). Существующий визуальный контроль, осуществляемый воздушными и наземными патрулями, имеет малую эффективность из-за больших объемов спутниковых видеоданных и сложности передачи их в реальном времени. Внедрение технологии «система на кристалле» и создание видеосистем на кристалле мониторинга (ВСнКМ), на основе эффективных методов обнаружения и передачи позволят специальным службам принять своевременные меры по предупреждению катастрофы и взять развитие ситуации под свой контроль [3].

В последние десятилетия произошел значительный рост производительности вычислительных средств и появилась новая элементная база класса систем на кристалле, которые позволили создание новых ВСнКМ и решение следующих проблем:

- а) внедрение современных схем с программируемой логикой в части создания высокоскоростных видеосистем приёма и передачи изображений;
- б) использование пространственно-рекурсивных методов анализа космических снимков для обнаружения лесных пожаров.

Важно отметить, повышенный интерес в решении задач мониторинга получили беспилотные летательные аппараты (БЛА), которые за счет простоты в конструкции и легкости в эксплуатации находят широкое применение в различных областях человеческой деятельности. В частности, применение БЛА при решении задач обнаружения лесных пожаров позволит существенно повысить оперативность нахождения очагов пожаров на ранней стадии возгорания [4].

Указанные обстоятельства определяют актуальность и важность рассматриваемой в данной статье задачи, посвященной исследованию и разработке ВСнКМ для обнаружения лесных пожаров и поддержки диспетчерского центра МЧС при слежении за процессом ликвидации и контроля пожаров в реальном времени.

Целью работы является исследование и разработка ВСнКМ для обнаружения и передачи информации о лесных пожарах, для этого в работе предлагается решение двух основных задач, которое должно обеспечить достижение указанной цели:

- а) спектральное преобразование для высокоскоростной передачи видеoinформации в реальном времени;
- б) пространственное преобразование для анализа и обнаружения лесных пожаров и поддержки диспетчерских центров МЧС России.

**Обобщенная структура глобальной системы наблюдения за лесными пожарами.**

На рис. 1 предложена обобщенная структура ВСнКМ, в состав которой входят следующие ВСнК:

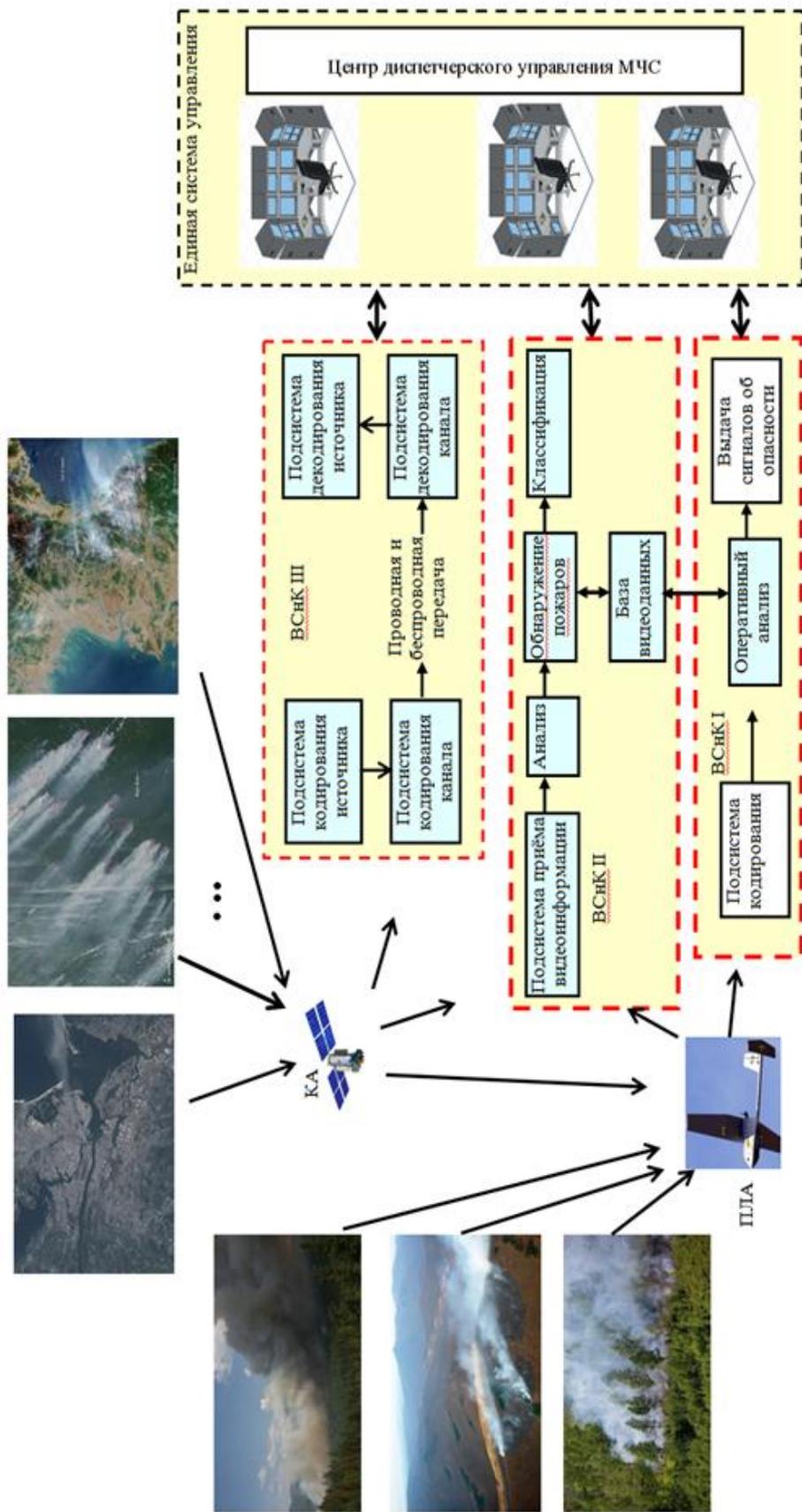


Рисунок 1 – Обобщенная структура модели видеоинформационных систем наблюдения и контроля

1) ВСнК I – видеоинформационная система оперативного обнаружения ЛС и передачи соответствующей информации диспетчерскому центру, ВСнК I б – видеоинформационная система приёма, анализа и выдачи соответствующих сигналов предупреждения опасности;

2) ВСнК II – видеоинформационная система приёма, анализа и передачи видеоинформации;

3) ВСнК III – высокоскоростная параллельная видеоинформационная система кодирования и декодирования космических снимков изображений.

Одного видеонаблюдения для эффективной защиты объекта все чаще недостаточно. Российским бизнес и госструктурам нужна сегодня не столько фиксация отдельных событий, сколько вовлечение видеонаблюдения в процессы контроля, управления и аналитики. Обеспечение комплексной безопасности также требует интеграции различных технологий и средств проектирования [5,6].

Стоит отметить, что важнейшим этапом проектирования интеллектуальных систем мониторинга является определение признаков лесных пожаров (оптических и геометрических) для обучения, обнаружения и оперативного распознавания в реальном времени.

Информация о лесных пожарах включает следующее:

- место и координаты очагов и лесных пожаров (ЛП),
- площади и стадии возгорания,
- прогнозы и степени риска,
- информацию о ближайших населенных пунктах и т. п.

Рассмотрим методы решения проблем обнаружения и передачи информации о лесных пожарах в указанных выше видеоинформационных системах (I-III).

#### **Пространственный метод обнаружения пожаров**

*Видеосистемы на кристалле I и II.* Одним из перспективных направлений поиска и обнаружения лесных пожаров на изображениях является использование цветовой гаммы на этапе поиска и выделения области пожаров на этапе обнаружения и вычисления площади пожара на любых его стадиях развития (рис. 2) [7].

Поиск области пожаров осуществляется рекурсивным разбиением изображения на определенное число полигонов. Далее оценивается точность аппроксимации полигонами при условии, что плоскость полигона определяется линейной интерполяцией яркостей в пределах полигона. Те полигоны, точность аппроксимации которых не удовлетворительна, подлежат дальнейшему разбиению и анализу до тех пор, пока все изображение не окажется покрытым неравномерной полигональной сеткой. Данный метод существенно упрощает построение триангуляции, так как требуемая область жестко связана определенной структурой.

Введение регулярности явилось базой для создания параллельных алгоритмов структурирования областей пожаров на изображениях с целью определения характеристик и параметров (площадь, интенсивность, периметр, степени риска, относительный объём ущерба и т. п.) лесных пожаров по космическим снимкам. Обращено внимание на возможность деления изображения на полигоны различной формы (треугольники, квадраты и прямоугольники). При этом получены сравнительные оценки эффективности их использования при решении задачи обнаружения лесных пожаров в реальном времени.

Применение в работе рекурсивного разбиения изображения на три полигона и последующее обнаружение с использованием триангуляции объясняется следующими основными причинами:

- аналитически и экспериментально доказана эффективность трихотомии с точки зрения скорости обнаружения с минимальной ошибкой в реальном времени;



Рисунок 2 – Упрощенный алгоритм обнаружения лесных пожаров по космическим снимкам

– треугольник является простейшим полигоном, вершины которого однозначно задают грани, аппроксимирующие любую область на изображениях.

### **Спектральный метод передачи видеoinформации о пожарах**

*Видеосистема на кристалле III.* В связи с необходимостью высокоскоростной передачи видеoinформации, видеосигнал рассмотрен, как многомерная функция, которая имеет оптимальное разложение по всем своим аргументам. Поэтому для устранения временной корреляции нет существенных формальных оснований использовать средства, отличающиеся от применяемых для пространственной декорреляции, т.е. дискретное косинусное преобразование (ДКП) [8].

В соответствии с этим в НИИТ, совместно с ИПТ РАН, разработан новый метод адаптивного трехмерного дискретного косинусного преобразования (ДКП-3D) для кодирования и декодирования видеoinформации, так как для большинства практически значимых классов кусочно-стационарных изображений по критерию минимума, требуемого для передачи количества информации при заданном уровне качества изображения, этот метод является оптимальным (асимптотически оптимальным).

С точки зрения вычислительной сложности алгоритм кодирования и декодирования на основе ДКП-3D характеризуется примерно в 10 раз меньшими временными затратами в сравнении с известными стандартами (MPEG). Это достигается в основном за счет временной межкадровой корреляции и отсутствия механизмов компенсации движений.

Кроме того, предложены алгоритмы кодирования изображений, адаптированные к различным динамическим сюжетам – без движения и с движением (рис. 3).

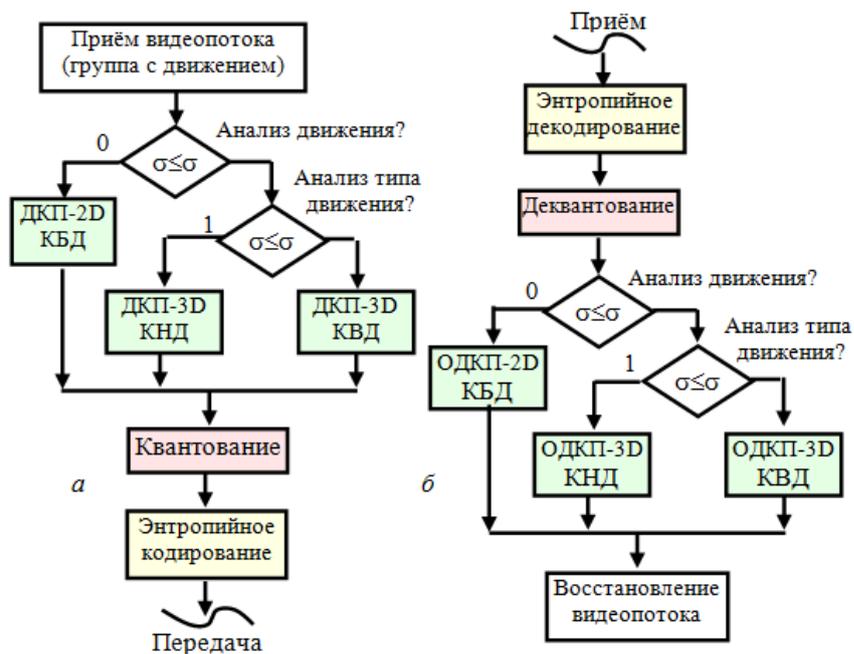


Рисунок 3 – Упрощенные адаптивные алгоритмы спектрального: а) кодирования, б) декодирования видеoinформации

При этом для групп кадров видеопотока с движением осуществляется разбиение потока на видеокубы различного размера (при интенсивном движении размер видеокуба делается меньше).

Для групп видеопотока с движением на этапе кодирования (рис. 3а), вычисляется среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ ) между первым сегментом видеокуба и последним, далее в зависимости от заданных порогов ( $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ ) формируются кубы: без движения (при  $\sigma \leq \sigma_1$ –КБД), с низкой (при  $\sigma_1 \leq \sigma \leq \sigma_2$ –КНД) и высокой скоростью движения (при  $\sigma > \sigma_2$ –КВД). А на этапе декодирования (рис. 3б) восстановление видеопотока выполняется в обратном порядке.

Предварительный анализ движения в пределах одной группы и задание соответствующих значений порогов ( $\sigma_1=4$  и  $\sigma_2=24$ ) позволили, при сохранении качества видеoinформации, существенно уменьшить скорости передачи по сравнению с известными кодерами (при размерах куба 8 и 16 в 1,5...2 раза, а при размерах 4–16 в 2...3 раза).

На основе разработанного метода и алгоритмов ДКП-3D предложен вариант СФ-блока высокоскоростного преобразования элементарного ДКП-3D-видеопотока в элементарный поток MPEG-2 без трудоемких многомерных преобразований отсчетов, позволяющего:

- а) снижать трафик в глобальных сетях распределения данных;
- б) перераспределять трафик между двумя видами сетей передачи видеоданных, в которых требуется экономия трафика (глобальные сети Интернет, видео по требованию, спутниковое телевидение, IP-телевидение), и в которых этого ограничения не требуется;
- в) повышать качество видео за счет модифицированного обратного ДКП по времени трансформант и формирования из них Intra-кадров (с наименьшими потерями) в соответствии со стандартом MPEG-2.

#### Результаты моделирования алгоритмов обнаружения

В результате реализации предложенных алгоритмов дистанционного зондирования и обработки космических снимков и обнаружения лесных пожаров были получены

характеристики и необходимая информация, позволяющая своевременно принять меры по ликвидации и предупреждению соответствующих органов управления МЧС России (рис. 4).

ВСнКМ, с точки зрения гибкости, точности, стоимости и безопасности обеспечивает значительные преимущества перед системами видеонаблюдения, характеризующимися отсутствием аналитики визуальных данных, принимая визуальные и тепловые изображения из зоны пожара в реальном времени.

Следует отметить, что на основе вышеописанных алгоритмов анализа и передачи видеоинформации и технологий в НИИТ и в ИПТ РАН созданы теоретическая база и технологий проектирования сложно-функциональных блоков для реализации различных специализированных ВСнКМ [10]. Некоторые из этих блоков эксплуатируются более 10 лет, поэтому в вышеуказанных институтах накоплен опыт, позволяющий оценивать тенденции развития ВСнКМ, которые в основном были изложены в работах [11-13].

В заключение работы следует еще раз остановиться на одной из наиболее важных возможностей развития современных ВСнКМ, а также проиллюстрировать, насколько активно она начинает использоваться уже сегодня. Такой возможностью, появившейся и быстро развивающейся в последние годы, стало появление технологий, позволяющих эффективно использовать в работе конкретной ВСнК информационные и вычислительные ресурсы различных центров представления спутниковой информации и других ВСнК. Это позволяет существенно сократить ресурсы, необходимые для создания специализированных ВСнКМ. Фактически современные ВСнКМ могут создаваться и эксплуатироваться на основе использования уже имеющихся ресурсов, которые могут предоставляться ВСнКМ как сервисы. При таком подходе в интересах конкретных ВСнКМ необходимо лишь создавать специализированные процедуры и интерфейсы работы с данными, которые могут функционировать, используя не принадлежащие ВСнК информационные и вычислительные ресурсы, фактически получая их в аренду (подписываясь на сервисы). Это, в конечном итоге, должно позволить существенно сократить расходы, как на создание, так и на эксплуатацию многих специализированных ВСнК.

### **Заключение**

В заключение можно сделать следующие важные выводы:

1. Лучшая стратегия тушения пожара – это предотвращение пожара сообщением о возникновении дыма. Тушение пожара начинается до возникновения пожара и осуществляется путём наблюдения за поступающим видеопотоком в реальном времени, с учётом признаков, характеризующих нормальное состояние лесов.

2. Данная работа является частью комплексного интегрированного проекта охраны лесов от пожаров. Целостная система охраны лесов от пожаров будет базироваться на комплексной информационной системе, где будут интегрированы различные датчики и все виды деятельности, связанные с ранним обнаружением пожара в течение суток и обеспечивать диспетчерский центр МЧС необходимым видеоинформацией мониторинга.

3. Рост объемов спутниковой информации и развитие требований и стоимости видеосистем на кристалле привели к переходу от использования локальных систем приема к глобальным системам на основе современной вычислительной базе класса система на кристалле. В ближайшие годы системы дистанционного зондирования земли полностью перейдут на специализированные видеосистемы на кристалле с программируемой.

### *Список литературы*

1. Лупян Е.А., Балашов И.В. и др. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 53-75.
2. Gordeev E.I., Girina O.A., Loupian E.A., Efremov V.Yu., Sorokin A.A., Mel'nikov D.V., Manevich A.G., Romanova I.M., Korolev S.P., Kramareva L.S. Vozmozhnosti ispol'zovaniya dannykh giperspektral'nykh sputnikovykh nablyudenii dlya izucheniya aktivnosti vulkanov Kamchatki s pomoshch'yu geoportala VolSatView (Using satellite hyperspectral data to study the activity of Kamchatka volcanoes on the basis of the VolSatView geoportal), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2014. Vol. 11, No. 1, pp. 267-284.
3. Васильев А.С., Краснящих А.В., Коротчаев В.В., Лашманов О.Ю., Ненарокомов О.Н., Лысенко Д.Ю., Широков А.С., Ярышев С.Н. Разработка программно-аппаратного комплекса обнаружения лесных пожаров методом совмещения изображений // *Изв. вузов. Приборостроение*. СПб. 2012. Т. 55. № 12. С. 50-56.
4. Студеникин А.В., Михалин В.А., Иванов Р.В., Магаршак С.И. Практика применения перспективных беспилотных летательных аппаратов для мониторинга и аэрофотосъемка. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 4. С. 102-106.
5. Фахми Ш.С. Концепция проектирования интеллектуальных транспортных видеосистем на основе технологии «система на кристалле» // *Журнал университета водных коммуникации*. 2013. Вып. II (XVIII). С. 79-88.
6. Фахми Ш.С., Альмахрук М., Салем А., Бобровский А.И., Еид М.М., Костикова Е.В. Выделение и хранение опорных точек изображений на основе динамических рекурсивных структур // *Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения*. 2016. Вып. 3. С. 99-107.
7. 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.
8. Фахми Ш.С., Цышулин А.К. Видеосистемы на кристалле: новые архитектурные решения в задачах обработки видеoinформации. Датчики и системы. 2011. № 4. С. 58-62.
9. Фахми Ш.С., Левко Г.В., Ибатуллин С.М., Морозов А.В., Чиркунова А.А., Чепелев А.Г. Измерение качества видеoinформации на выходе цифрового кодера источника и его эффективности // *Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения*. 2016. Вып. 4. С. 33-40.
10. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Катцын Д.В. Некоторые проблемы построения когнитивных транспортных систем и сетей // *Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015: материалы Юбилейной Международной научно-практической конференции, 24-25 ноября 2015 г. Санкт-Петербург, Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН*. СПб.: 2015. С. 3-8.
11. Адамов Д.Ю. Основные вопросы проектирования видеосистем на кристалле // *Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения*. 2014. № 2. С. 3-17.
12. Умбиталиев А.А., Цышулин А.К., Пятков В.В., Рогачёв В.А., Левко Г.В., Морозов А.В. Статистический синтез управления телевизионной системой, адаптивной к динамике сюжета // *Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения*. 2016. № 1 (24). С. 3-11.
13. Berezin V.V., Fakhmi Sh.S., Tsytsulin A.K. Initial design stage of video systems on a chip // *Journal of Optical Technology*. 2012. Т. 79. № 11. С. 733-737.

## ПРИМЕНЕНИЕ ОГНЕТУШАЩИХ СОСТАВОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ НАНОРАЗМЕРНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

*Иванов Алексей Владимирович* – кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств

*Торопов Дмитрий Павлович* – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации

*ФГБОУ ВО Санкт–Петербургский университет ГПС МЧС России*

Аннотация. Проведено исследование огнетушащих свойств наножидкости, полученной в условиях модификации углеродосодержащими структурами нанометрового размера на основе дистиллированной воды. Показано, что наножидкость, существенно увеличивает коэффициент тепловой проводимости и позволяет в процессе тушения пожаров на транспорте при больших температурных диапазонах снизить расход и своевременно предотвратить дальнейшее распространение горения.

Ключевые слова: наножидкость, наночастицы, теплопередача, теплопроводность, огнетушащее вещество.

## THE USE OF EXTINGUISHING AGENTS WITH CONTROLLED NANOSCALE COMPONENTS FOR FIREFIGHTING PURPOSES IN TRANSPORT

*Ivanov Aleksey V.* – Candidate of Technical Sciences, Docent of Department of Fire safety of Technological Processes and Production

*Toropov Dmitry P.* – adjunct

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

Abstract. The investigation of the fire extinguishing properties of nanofluids, resulting in a modification of structures of nanometer-sized carbon-based distilled water. It is shown that nanofluids, significantly increases thermal conductivity ratio and allows the process of fighting fires on transport at high temperature ranges to reduce costs and in a timely manner to prevent the further spread of combustion.

Keywords: nanofluids, nanoparticles, heat transfer, thermal conductivity, the extinguishing agent.

Приоритетной задачей обеспечения пожарной безопасности на объектах транспортной отрасли является комплексная оснащённость новыми техническими комплексами и средствами противопожарной защиты. Наибольшую пожарную опасность на всех видах транспорта представляет транспортировка опасных грузов. Различие физико-химических и теплофизических свойств горючих веществ и материалов, перевозимых на транспорте, усложняет подбор эффективных огнетушащих составов. В процессе горения происходит выделение большого количества тепловой энергии, что в немаловажной степени влияет на процесс ликвидации пожара. Воздействие высоких температур уменьшает продуктивность огнетушащих веществ (ОТВ).

В настоящее время стандартным огнетушащим веществом является вода и пены различной кратности на её основе, однако вода имеет высокий коэффициент поверхностного натяжения и низкий показатель вязкости. Воздушно-механические пены быстро разлагаются при высоком тепловом воздействии. Данная проблема может быть решена

созданием новых веществ с углеродосодержащими частицами нанометрового размера, то есть наножидкость, полученная в процессе каталитического пиролиза, которые улучшат показатели тепловой проводимости.

Проведены эксперименты исследования нагрева суспензии в зависимости от времени, представлена зависимость времени тушения пожара класса А от вида применяемой жидкости. Такие жидкости представляет собой жидкие суспензии, содержащие небольшое число частиц, по меньшей мере, с одним размером значительно меньше, чем 100 нм и с тепловыми порядковыми величинами теплопроводности выше, чем у базовой жидкости, результаты исследования приведены на рисунке 1.

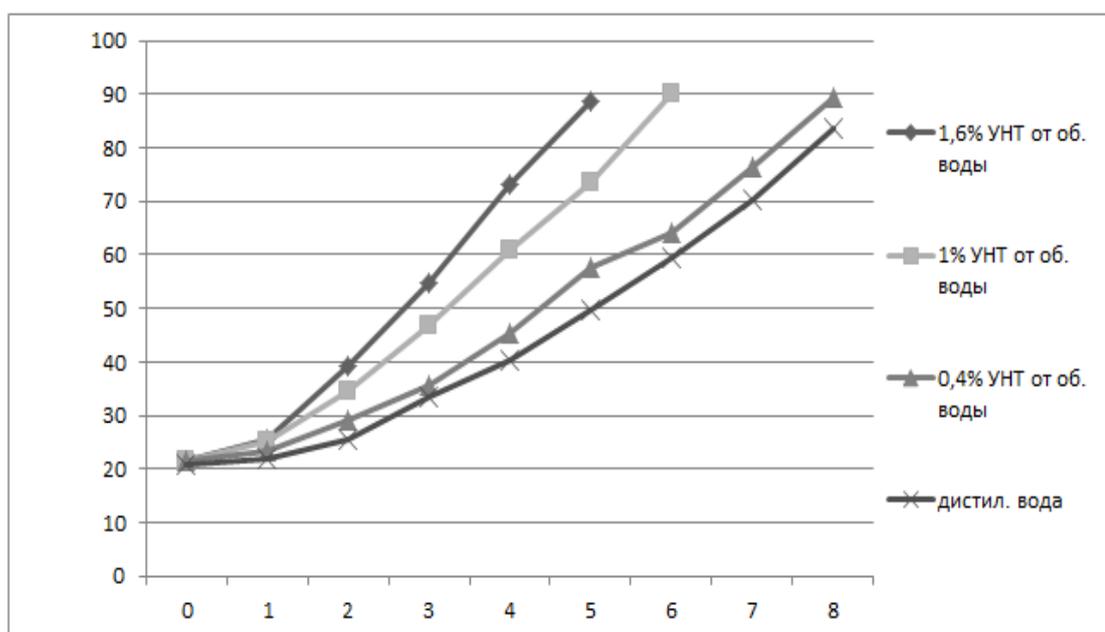


Рисунок 1 – Изменение температуры нагрева наножидкости в зависимости от концентрации УНТ от 0,4 до 1,6%

Добавление небольшой объемной доли углеродных нанотрубок (УНТ) к жидкости существенно повышает её тепловую проводимость. УНТ из-за своей уникальной структуры и замечательных механических и электрических свойств, значительно улучшают теплофизические параметры суспензии [1]. Большое количество УНТ в настоящее время могут быть получены методом дугового разряда [2], или термического разложение углеводородов в пар, который обеспечивает возможность задействовать в больших масштабах.

Исследования показывают, что УНТ имеют необычно высокую теплопроводность. При концентрациях более 1% УНТ от объёма базовой жидкости происходит повышение тепловой проводимости более чем в 1,5 раза.

Управление теплофизическими свойствами наножидкости зависит от физических и химических свойств вещества и углеродосодержащих частиц, а также эксплуатационных характеристик внешнего воздействия [3]. Изменение свойств огнетушащего состава с помощью нанотехнологий, то есть создание наножидкости с регулируемыми параметрами наночастиц, позволит решить целый ряд задач при ликвидации пожаров на объектах транспортной отрасли.

Подтверждение эффективности огнетушащих составов, проводились на основе исследования и определения теплофизических свойств наножидкости. В экспериментах изучалось главным образом зависимость эффективного коэффициента теплопроводности

сти наножидкости от объемной концентрации наночастиц. В ходе испытаний фиксировались значения температур наножидкости при воздействии источника тепла мощностью 1 кВт.

Результат экспериментов показал, что с увеличением концентрации более 0,5% углеродных нанотрубок, происходит значительное увеличение теплопроводности.

На рисунке 2 представлена диаграмма зависимости затраченного времени тушения пожара класса А наножидкостью различной концентрации.

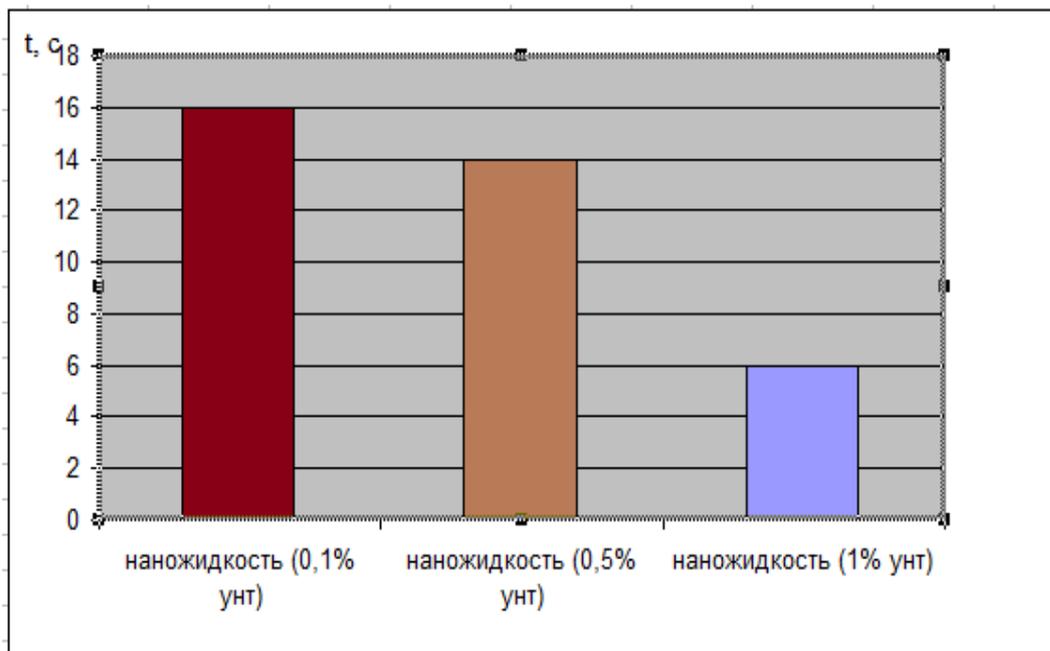


Рисунок 2 – Зависимость времени тушения пожара класса А от вида ОТВ

Таким образом, полученные данные позволяют говорить о том, что огнетушащие составы на основе модифицированных наножидкостей в сравнении с традиционными ОТВ обладают большей термической устойчивостью и значительной теплоизолирующей способностью, что позволяет эффективно использовать их при тушении пожаров и тепловой защите на объектах транспортной инфраструктуры. И тем самым, увеличение теплопроводности приводит к уменьшению времени и увеличению температуры образования концентрации жидкости, достаточной, для эффективного применения в качестве огнетушащего вещества.

#### Список литературы

1. Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены: Учебное пособие. Издательство: Университетская книга. Логос. 2006.
2. Kyoungjun Lee, Dae Seong Kim, Chongyoun Kim, Yangsoo Sohn, Mansoo Choi An experimental study on the pressure drop of nanofluids containing carbon nanotubes in a horizontal tube // National CRI Center for Nano Particle Control, Institute of Advanced Machinery and Design, School of Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University, Republic of Korea Received 18 July 2006; received in revised form 15 January 2007 Available online 22 May 2007.
3. Экспериментальные и теоретические исследования нанодисперсий. Повышение теплопроводности: обзор Kleinstreuer, Ю. Фэн. Великобритания. 2009.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СПРИНКЛЕРНЫМИ УСТАНОВКАМИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

*Бабилов Игорь Александрович – старший преподаватель кафедры пожарной безопасности*

*Рушкина Ксения Сергеевна – магистр кафедры пожарной безопасности*

*Тимофеева Елена Валерьевна – магистр кафедры пожарной безопасности*

*Абрамов Александр Владимирович – магистр кафедры пожарной безопасности*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого*

*Аннотация:* значительное количество спринклерных установок пожаротушения используются для защиты объектов транспортной инфраструктуры. Статистические данные, свидетельствуют, что во многих случаях исправные водяные автоматические установки пожаротушения при пожаре либо вообще не срабатывают, либо, даже в случае активации спринклерных оросителей, не выполняют свои функции по ликвидации пожара. Поэтому главной задачей при выборе автоматических установок пожаротушения является правильность оценки эффективности применения той или иной системы. В статье описана, разработанная нами упрощенная методика оценки эффективности спринклерных установок пожаротушения, которая могла бы быть полезной на этапе проектирования.

*Ключевые слова:* автоматические установки пожаротушения, спринклерные системы, спринклерный ороситель, сателлитный извещатель, пожар.

## PERFORMANCE EVALUATION OF PROTECTION OF TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE COMPARTMENTS BY SPRINKLER EXTINGUISHING UNITS

*Babikov Igor A. – Senior Teacher of Fire Safety department*

*Rushkina Kseniya S. – master-student of Fire Safety department*

*Timofeeva Elena V. – master-student of Fire Safety department*

*Abramov Aleksandr V. – master-student of Fire Safety department*

*Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University*

*Abstract.* Considerable quantity of sprinkler units are used for protection of compartments of transportation infrastructure. Statistical data demonstrates that in many cases extinguishing automatic installations either do not work at all in case of fire or do not perform its functions even in case of activation of sprinklers. In the article the software device developed by us for efficiency evaluation of sprinkler fire extinguishing units which could be useful on a design stage is described.

*Keywords:* automatic fire extinguishing units, sprinkler systems, sprinkler, satellite fire detector, fire.

Объекты транспортной инфраструктуры являются одними из уязвимых объектов в современном мире. Они сочетают в себе большие риски возникновения чрезвычайных ситуаций и огромный пассажиропоток, а также напрямую связаны с эксплуатацией транспортных средств, являющихся источником повышенной опасности.

Ведущее место среди инженерных систем, обеспечивающих безопасность охраняемых объектов, занимает система пожарной безопасности. Сегодня такая система представляет собой комплекс технических средств и интерфейсов взаимодействия с различными элементами автоматизации здания, сбора информации и выдачи предупреждающих и управляющих сигналов. Целью создания является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре.

На объектах с массовым пребыванием людей, как правило, применяются водяные установки пожаротушения. Спринклерные системы пожаротушения, используемые практически на каждом объекте, не всегда выполняют свое предназначение в случае возникновения пожара. Статистика срабатывания спринклерных автоматических установок пожаротушения (АУП) на реальных пожарах говорит о случаях, когда работоспособная система оказывается не эффективной при срабатывании и не выполняет свои функции [1]. Во многом это связано с тем, что на протяжении долгих лет оценка эффективности систем пожаротушения проводилась формально и не давала оснований для объективного анализа.

Так, например, по данным отчетов ФГБУ ВНИИПО МЧС России, общее количество пожаров за период с 2009 по 2014 годы на административных объектах и объектах сервисного обслуживания, оснащенных установками пожаротушения, составило 62 случая, из них в 20 случаях АУП сработала, но задачу не выполнила, а в 9 случаях АУП не сработала вовсе (табл. 1) [1].

*Таблица 1 – Эффективность работы установок пожаротушения по данным статистического сборника ФГБУ ВНИИПО МЧС России [1]*

| <b>Эффективность работы установок пожаротушения.<br/>Количество пожаров, ед.</b> |             |             |             |             |             |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Всего</b>   |             |             |             |             |             |
| <b>2009</b>  | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>2014</b> |
| 10   | 11          | 12          | 6           | 9           | 14          |
| <b>Задачу выполнила</b>  |             |             |             |             |             |
| <b>2009</b>  | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>2014</b> |
| 4  | 5           | 5           | 4           | 6           | 6           |
| <b>Задачу не выполнила</b>   |             |             |             |             |             |
| <b>2009</b>  | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>2014</b> |
| 4  | 2           | 5           | 2           | 1           | 6           |
| <b>Не сработала</b>  |             |             |             |             |             |
| <b>2009</b>  | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>2014</b> |
| 2  | 3           | 1           | 0           | 2           | 1           |
| <b>Не включена</b>   |             |             |             |             |             |
| <b>2009</b>  | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>2014</b> |
| 0  | 1           | 1           | 0           | 0           | 1           |
| <b>Эффективность АУП, %</b>  |             |             |             |             |             |
| <b>2009</b>  | <b>2010</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>2014</b> |
| 40   | 18          | 42          | 33          | 11          | 43          |

Как следует из табл. 1, в целом по России эффективность функционирования установок пожаротушения крайне неудовлетворительная и не превышает 43%.

Неэффективная работа спринклерной АУП, предположительно может быть обусловлено следующими причинами:

- в зоне расположения спринклерных оросителей температура тепловых потоков не достигает температуры активации оросителей, вследствие чего АУП при пожаре не срабатывает;

- спринклерный ороситель срабатывает с запозданием и не успевает обеспечить тушение очага пожара, так как вследствие влияния многих факторов горение выходит за пределы зоны действия оросителя [2].

Проведение натурных огневых испытаний АУП требует значительных затрат времени и материальных ресурсов. Многочисленные испытания эффективности различных типов водяных АУП в ФГБУ ВНИИПО МЧС России позволили накопить значительный эмпирический опыт, который был обобщен в расчетных методиках оценки эффективности установок пожаротушения [2].

Для сокращения непроизводительных затрат целесообразно заменить эти испытания на инженерные методы расчета эффективности конкретной АУП применительно к конкретному объекту защиты на этапе проектирования.

Однако до настоящего времени такие расчетные инженерные методы оценки эффективности АУП специалистами не применялись из-за их сложности и трудоемкости.

На основании существующего подхода нами была разработана программа для оценки эффективности спринклерных АУП, которая позволит всем заинтересованным специалистам оперативно оценивать эффективность АУП в зависимости от конкретных параметров применения последних [2]. Данный расчет реализован в виде программного продукта на платформе MS Excel (рис. 1).

| K  | S <sub>0</sub>                    | T <sub>n</sub>   | T <sub>0</sub>               | θ   | λ                                  | L                            | q, кВт/м <sup>2</sup>                     | V, м/с                                   | H <sub>кр</sub>              | H <sub>пом</sub>             | t <sub>к</sub>                                       | S <sub>n</sub>                                    | t <sub>дтпи</sub>                         | S <sub>дтпи</sub>  |
|--|-----------------------------------|--|------------------------------|---|------------------------------------|------------------------------|---|--|------------------------------|------------------------------|--|---|---|--|
| Коэффициент тепловой инерционности спринклерных оросителей | Площадь орошения одного оросителя | Номинальная температура срабатывания теплового замка оросителя | Температура окружающей среды | Параметры дифференциального канала теплового извещателя, ДТПИ, t°/мин | Коэффициент расположения оросителя | Расстояние между оросителями | Мощность тепловыделения пожарной нагрузки | Линейная скорость распространения пожара | Критическая высота помещения | Высота защищаемого помещения | Время запуска спринклерной АУП на защищаемом объекте | Площадь пожара к моменту запуска спринклерной АУП | Время запуска АУП с принудительным пуском | Площадь пожара к моменту запуска АУП с принудительным пуском |
| Выставочные залы, мастерские (дерево, ткани, ковры)        |                                   |  |                              |   |                                    |                              |   |  | Расчет H <sub>кр</sub>       |                              | Расчет параметров для заданной высоты                |   |   |  |
| 80   | 9                                 | 57   | 25                           | 10  | 0,707                              | 4                            | 213                                       | 0,016                                    | 9,27                         | 10                           | 221  | 9,82  | 114,87                                    | 2,65   |

Рисунок 1 – Расчет времени срабатывания спринклерного оросителя и площадь пожара на этот момент

В результате программных расчетов мы получили данные о том, что во многих случаях существует вероятность не эффективной работы спринклерной системы пожаротушения. В большинстве случаев, это связано с большой высотой перекрытия на защищаемом объекте, т.к. температура на высоте более 10 метров может не достичь температуры срабатывания спринклерного оросителя или достичь слишком поздно, когда пожар уже выйдет за пределы орошения сработавшего оросителя [3].

При защите помещений с высотой перекрытия выше 10 метров наиболее прогрессивным решением является разработанная и реализованная группой компаний «Гефест» технология принудительного пуска спринклерных оросителей, которая обеспечивает возможность «запуска» спринклера при подаче на него электрического сигнала (при этом, не исключается возможность срабатывания спринклера стандартным способом) [4].

В качестве ускорителя срабатывания применяются спутниковые пожарные извещатели, которые имеют малую инерционность по сравнению с термочувствительной колбой в спринклере и позволяют определить место возгорания, тем самым произвести запуск системы пожаротушения на самой ранней стадии развития пожара, не допустить распространения пожара за пределы орошаемой зоны и минимизировать последствия от пожара.

Возгорание на объектах транспортной инфраструктуры очень опасно, его следствиями могут стать многочисленные человеческие жертвы и миллионные убытки. Так же данные объекты имеют специфические планировочные решения, характеризующиеся высоким расположением потолков. Для решения существующих проблем необходимо внедрять современные средства пожаротушения.

При проектировании таких систем важной задачей является правильный выбор АУП, которая обеспечит эффективность пожаротушения на объекте при заданных условиях. С этой целью в разработанном ранее нами программном продукте, добавлены функции, позволяющие оперативно произвести сравнение эффективности применения обычной спринклерной системы пожаротушения и системы пожаротушения с спутниковыми тепловыми пожарными извещателями совместно с оросителями с принудительным пуском [6].

При расчетах времени срабатывания системы пожаротушения учитывается много факторов, таких как, площадь пожара на момент срабатывания первого спринклерного оросителя, срабатывание системы принудительного пуска спринклеров, которая сочетает в себе время обнаружения повышения температуры, время на обработку и принятие решения, время на запуск оросителя с принудительным пуском.

При применении данного программного продукта мы можем оперативно определить время запуска системы пожаротушения традиционной и с принудительным пуском, при различных типах пожарной нагрузки и при этом определить площадь, которая будет достигнута очагом за это время.

Итогом нашей работы является программа для расчета эффективности спринклерных АУП, которая позволяет в короткий срок и с минимумом прилагаемых усилий оценить эффективность применения спринклерной АУП традиционного типа и спринклерной АУП с принудительным пуском.

#### *Список литературы*

1. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), федеральное государственное учреждение «Всероссийский ордена “Знак почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны» (ФГУ ВНИИПО МЧС России) пожары и пожарная безопасность в 2009-2014 г. Статистический сборник.

2. Таранцев А.А., Танклевский Л.Т., Снегирев А.Ю., Цой А.С., Копылов С.Н., Мешман Л.М. Оценка эффективности спринклерной установки пожаротушения. Пожарная безопасность. 2015. № 1.

3. Alpert R.L. Ceiling Jet Flows / SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 3rd ed. Quincy MA: NFPA. 2002.

4. Мешман Л.М., Цариченко С.Г., Губин Р.Ю., Дидяев А.Г., Романова Е.Ю., Состояние и перспективы повышения эффективности водяных и пенных автоматических установок пожаротушения.

5. Труды Российской академии ракетных и артиллерийских наук. Выпуск СЗ-2016, том 2: Технические средства противодействия террористическим и криминальным взрывам (октябрь 2015 г., Санкт-Петербург). СПб.: Любавич. 2016. 510 с.

## СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ

**Круглеевский Владимир Николаевич** – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник

**Стариченков Алексей Леонидович** – доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией

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

**Образцов Иван Викторович** – адъюнкт Военно-морского политехнического института

*Аннотация. Актуальной задачей развития судовых систем пожарной сигнализации является расширение их функциональных возможностей в плане обучения и самонастройки. В качестве возможного варианта реализации этой задачи в работе предложен способ автоматического обнаружения начальных стадий пожаров в помещениях пожароопасных объектов, содержащих тепловыделяющее оборудование.*

*Ключевые слова: пожарная сигнализация, обучение, самонастройка, опасные факторы пожара, способ, численные ряды, цикл контроля.*

## METHOD FOR AUTOMATIC ADAPTATION OF SYSTEMS TO CHANGES IN OPERATING CONDITIONS OF THE PROTECTED OBJECT

*Krugleevsky Vladimir N. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, leading researcher*

*Starichenkov Alexey L. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, head of laboratory*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

*Obraztsov Ivan V. – adjunct of Naval Polytechnic Institute*

*Abstract. Actual problem of development of marine fire alarm systems is the extension of their functionality in terms of learning and self-adjustment. As a possible variant of implementation of this task in the work of the proposed method for the automatic detection of the initial stages of fires in buildings fire objects that contain heat-generating equipment.*

*Keywords: fire alarm, training, self-tuning, hazards of fire, method, numerical series, series of control.*

Функциональные возможности систем пожарной и температурно-тревожной сигнализации по обнаружению начальных этапов образования и развития пожаров можно расширить, если использовать функции обучения и самонастройки с автоматической адаптацией систем к особенностям объектов защиты и изменениям условий эксплуатации. В первую очередь, это актуально для систем пожарной сигнализации крупных морских судов неограниченного района эксплуатации.

Известны различные способы обнаружения начальных этапов пожаров. Способ обнаружения пожарной опасности и пожара в помещении судна [1] и расширяющий область его применения для герметичных отсеков способ обнаружения пожарной опасности в отсеке подводной лодки [2], который заключается в том, что осуществляют контроль процентного содержания кислорода в воздушной среде отсека подводной

лодки и, при повышении процентного содержания кислорода выше установленного значения, определяют зоны, где возможен контакт горючего вещества и источника зажигания, температура которого достаточна для начала возгорания горючего вещества при текущем повышенном процентном содержании кислорода, и сигнализируют об этом как о возникновении пожарной опасности. Заслуживает внимания способ обнаружения пожара и интеллектуальная станция управления для осуществления этого способа [3]. Способ заключается в постоянном выделении факторов пожарной опасности среды контролируемого объекта, преобразовании выделенных факторов в массив оцифрованных данных, сопоставлении этого массива данных с массивом априорных данных, классификации полученных результатов сопоставления в соответствии с экстремумами и выработке, в зависимости от класса опасности, управляющего сигнала. Технический результат достигается за счет непрерывного сравнения совокупности текущих информативных параметров с массивом совокупностей заданных информативных параметров, причем управляющий сигнал на тушение вырабатывается только при условии максимального совпадения совокупности текущих информативных параметров с одной из совокупностей заданных информативных параметров. Сравнение с массивом заданных совокупностей осуществляют путем вычисления зависимости (функции) текущих величин информативных параметров, развитие которых приводит к возникновению определенного типа пожара, и которую получают путем моделирования разных типов пожаров и вводят в память устройства заранее. Количество совокупностей заданных информативных параметров, заложенных в память интеллектуальной станции управления, зависит от технических возможностей и объектов, для охраны которых станция предназначена.

При реализации указанных способов, к сожалению, необходимо выполнить большой комплекс предварительных работ по анализу каждого защищаемого объекта, моделированию процессов образования и развития пожаров в нем, определению совокупностей информативных параметров.

Предлагаемый способ может быть реализован в современных системах пожарной и температурно-тревожной сигнализации с аналоговыми адресными пожарными извещателями, поэтому при его разработке за основу был взят общеизвестный способ обнаружения пожара в помещениях, применяемый в большинстве современных систем пожарной сигнализации и описанный во многих литературных источниках [4].

Способ заключается в циклическом определении значений множества контролируемых на объекте физических параметров (включая опасные факторы пожара), которые объединяют в группы, каждая из которых характеризует процессы возникновения и развития пожара в конкретном помещении, при этом каждому контролируемому параметру в группе присваивают порядковый номер.

Структурная схема, представленная на рис. 1, отражает возможный вариант реализации предлагаемого способа и поясняет последовательность действий.

На каждом цикле контроля из полученных значений параметров  $(x_1, x_2, \dots, x_N) \in X$  в соответствии с их порядковыми номерами формируют численные ряды  $X \rightarrow \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$ .

Каждый численный ряд, по сути, отражает ситуацию  $A$  сложившуюся в помещении и выраженную через численные значения контролируемых физических параметров  $x_1, x_2, \dots, x_N$ .

К примеру, для цикла контроля  $s$  в любом помещении ситуацию  $A^s$  можно представить как  $A^s \equiv X^s$ , где  $X^s \rightarrow \{a_1^s, a_2^s, \dots, a_{N_i}^s\}$ , так как  $(x_1^s = a_1^s; x_2^s = a_2^s; \dots, x_N^s = a_{N_i}^s) \in X^s$ . Полученные по каждому помещению численные ряды запоминают в том случае, если контролируемые параметры не превысили предельно допустимых значений  $x_i < x_i^{max}$ ,  $(x_1^{max}, \dots, x_j^{max}) \in X^{max}$ , и на последующих циклах контроля сравнивают с вновь сформированными.

рованным численным рядом, который, в случае несовпадения, также запоминают для последующего сравнения.

Запоминание новых численных рядов, к примеру, численного ряда  $a_1^s, a_2^s, \dots, a_{N_i}^s$ , указанного на рис. 1, автоматически формирует и пополняет базу данных, содержащую данные обо всех произошедших в каждом помещении ситуациях. Запомненные численные ряды для каждого помещения образуют прямоугольную матрицу размерностью  $z \times v$ , где  $z$  – количество запомненных численных рядов, а  $v$  – количество точек контроля в помещении.

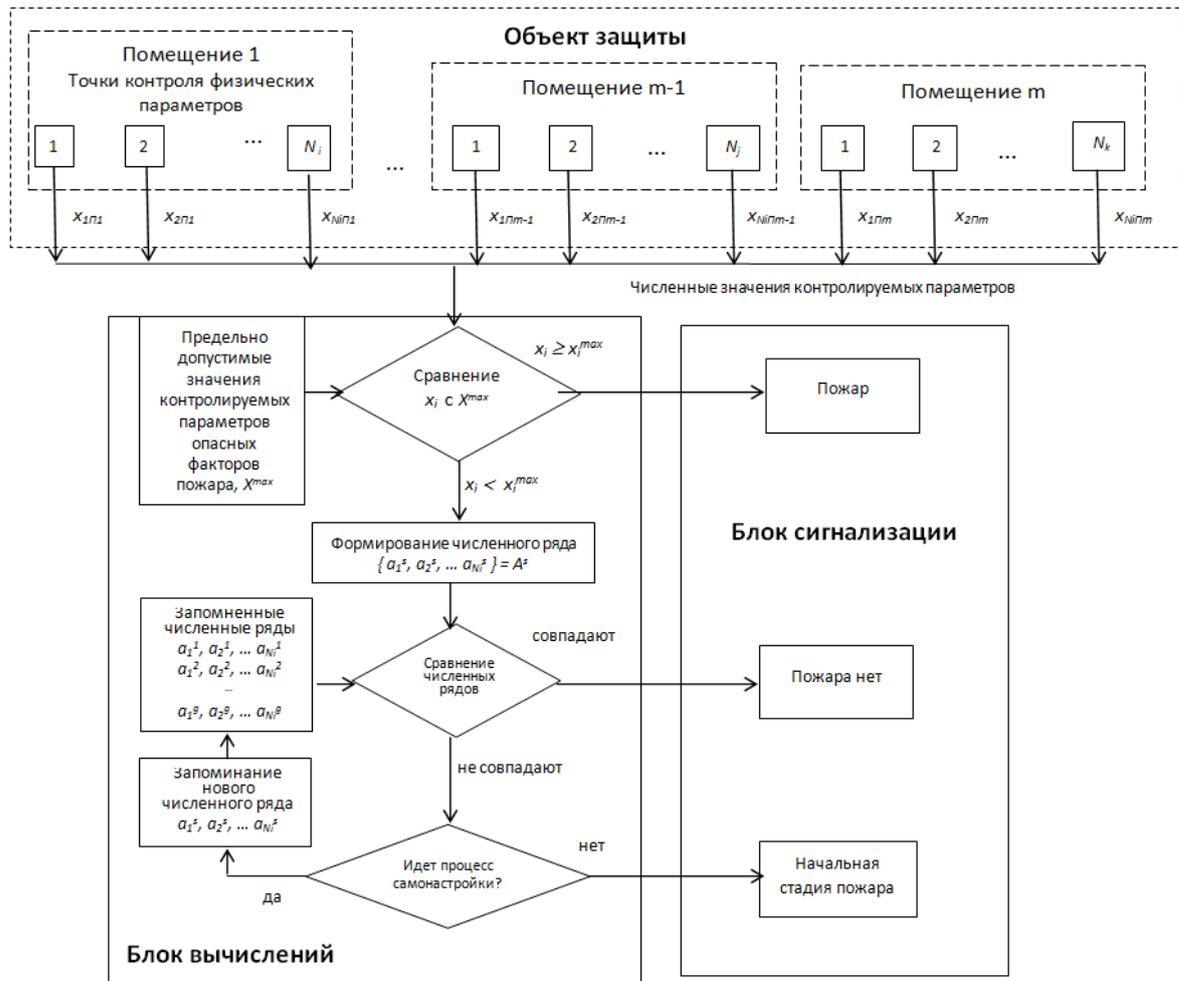


Рисунок 1 – Структурная схема варианта реализации способа автоматического обнаружения начальных стадий пожаров

Процесс запоминания новых численных рядов является процессом обучения и фактически самонастройкой системы. Запоминание численных рядов целесообразно осуществить в период сразу после установки систем пожарной и температурно-тревожной сигнализации на защищаемом объекте в течение периода времени, за который изменения контролируемых параметров достигали максимально возможных значений, но не превысили предельно допустимых значений. Дополнительное пополнение или корректировку запомненных численных рядов можно также проводить периодически при эксплуатации систем в случае значительных изменений условий эксплуатации защищаемого объекта.

Запоминание новых численных рядов и их последующее сравнение с вновь сформированным численным рядом можно осуществлять для каждого помещения отдельно. Это позволяет ускорить процесс вычислений, сделав его параллельным.

Алгоритм, показанный на рис. 1 в рамке блока вычислений, может также использоваться при обработке информации в мультисенсорных пожарных извещателях.

После окончания периода обучения и самонастройки системы появление численного ряда, отличающегося от уже запомненных численных рядов, будет означать, что в помещении сложилась нештатная ситуация, характерная для начальной стадии пожара.

Дополнительным техническим результатом является возможность обнаружения пожара на самом раннем этапе его развития при возникновении пожароопасной ситуации, когда складываются лишь условия его возникновения, а опасные факторы пожара себя еще не проявляют. Незамедлительное принятие соответствующих мер по устранению причин, способствовавших возникновению пожароопасной ситуации, позволит избежать ее дальнейшего развития, то есть позволит предупредить пожар.

#### *Список литературы*

1. Патент РФ № 2179470 «Способ обнаружения пожарной опасности и пожара в помещении судна».
2. Патент РФ № 2573305 «Способ обнаружения пожарной опасности в отсеке подводной лодки».
3. Патент РФ № 2344859 «Способ обнаружения пожара и интеллектуальная станция управления для осуществления способа».
4. Штумпф Э.П., Штелинг В.Н. «Настройка судовых систем пожарной сигнализации». Ленинград. «Судостроение». 1988.

УДК 699.816.35

## **НОВЫЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЧЕСКОМУ ПОЖАРОТУШЕНИЮ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ МНОГОЯРУСНЫХ АВТОСТОЯНОК**

*Танклевский Леонид Тимофеевич – доктор технических наук, профессор кафедры пожарной безопасности*

*Аракчеев Александр Валерьевич – старший преподаватель кафедры пожарной безопасности*

*Квашина Дарья Олеговна – магистр кафедры пожарной безопасности*

*Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого*

*Аннотация.* Новые технологии парковки предполагают использование новых подходов к их противопожарной защите. В данной работе поднимается проблема пожаротушения механизированных многоярусных автостоянок. Авторами предложено использование горизонтальных оросителей, а так же применение технологии принудительного пуска для максимально эффективного пожаротушения.

*Ключевые слова:* механизированная многоярусная автостоянка, горизонтальный ороситель, ороситель с принудительным пуском, спутниковый тепловой извещатель.

## **NEW APPROACH TO AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING OF MECHANIZED MULTILEVEL PARKING LOTS**

*Tanklevskiy Leonid T. – Doctor of Technical Sciences, Professor of Fire Safety department*

*Arakcheev Aleksandr V. – Senior Teacher of Fire Safety department*

*Kvashnina Daria O. – master of Fire Safety department*

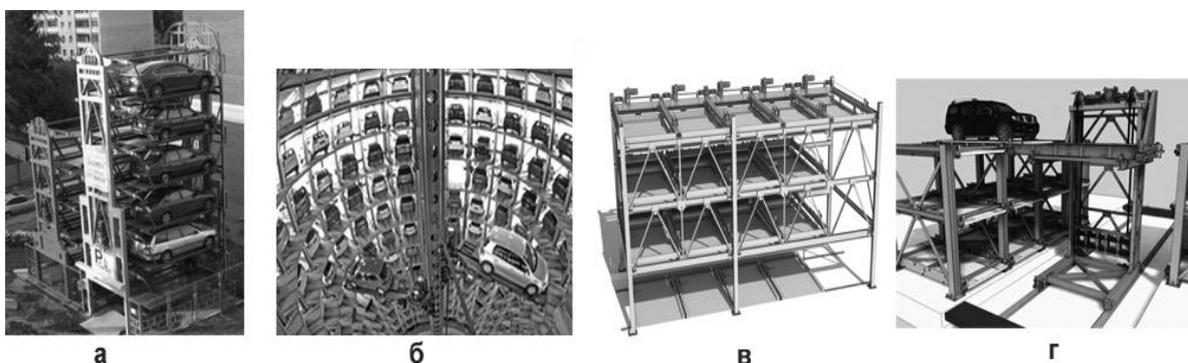
*Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University*

***Abstract.** New parking technologies involve implementation of new approaches to their fire protection. This article raises a problem of extinguishing of mechanized multilevel parking lots. Authors suggested implementation of horizontal sprinklers, as well as use of forced activation technology for most efficient extinguishing.*

***Keywords:** mechanized multilevel parking lot, landscape irrigation, forced sprinkler activation, satellite thermal detector.*

Нехватка парковочных мест в крупных городах России все чаще приводит к тому, что припарковать машину, не нарушив какое-нибудь правило, почти невозможно. Жилые дворы, улицы, проспекты и тротуары в непосредственной близости к железнодорожным вокзалам, аэропортам забиты автомобилями. Организация парковки с применением многоуровневых механизированных и полумеханизированных автостоянок, располагаемых в подземных или отдельно стоящих паркингах, обеспечит существенную экономию площади, что актуально в условиях дефицита и дороговизны земли в мегаполисах.

Современная многоярусная механизированная автостоянка представляет собой сооружение, основным элементом которой является система, состоящая из роботов-подъемников и ограждающей конструкции. Различают роторную парковку, башенный паркинг, пазловый паркинг, стеллажный паркинг (рис. 1) [1].



*Рисунок 1 – Типы механизированных многоярусных автостоянок: а) роторного; б) башенного; в) пазлового; г) стеллажного*

В мировой практике широкое распространение в подземных паркингах получили простейшие парковочные подъемники, обеспечивающие двухуровневое хранение автомобилей. Очевидно, что новые технологии парковки предполагают использование новых подходов к их противопожарной защите. В первую очередь это относится к системам автоматического тушения пожара.

Согласно СП 154.13130.2013 оросители следует размещать таким образом, чтобы обеспечить орошение автомобилей на каждом уровне хранения [2]. Данное требование является трудновыполнимым при расположении спринклеров под перекрытием. Из этого следует, что основной проблемой тушений пожара в двухуровневых парковках является незащищенность автомобилей расположенных в нижних ярусах, в связи с изолированностью от потока воды из спринклеров, и обеспечить нормативную интенсив-

ность орошения на нижнем уровне в экранированной зоне не удастся. В данный момент, наиболее современным решением данной проблемы является использование управляемого спринклерного пожаротушения.

Наиболее эффективно ликвидировать очаг возгорания на нижних ярусах, можно благодаря установке оросителей таким образом, что бы при вскрытии оросителя нижнее машиноместо полностью попадало в зону орошения спринклера. Так, например, применение горизонтальных оросителей установленных на нижнем ярусе паркинга, которые в свою очередь направлены в сторону защищаемых парковочных мест, обеспечит направленное тушение нижнего машиноместа. Количество и месторасположение спринклеров должно быть смоделировано исходя из специфики конкретного объекта.

На рисунке 2 приведен пример расположения спринклеров на верхнем и нижнем ярусе автоматической механизированной автостоянки. На верхнем ярусе располагаются вертикальные оросители, на нижнем ярусе горизонтальные. Подача воды под углом 90 градусов обеспечивает максимально эффективное пожаротушение на нижнем ярусе.

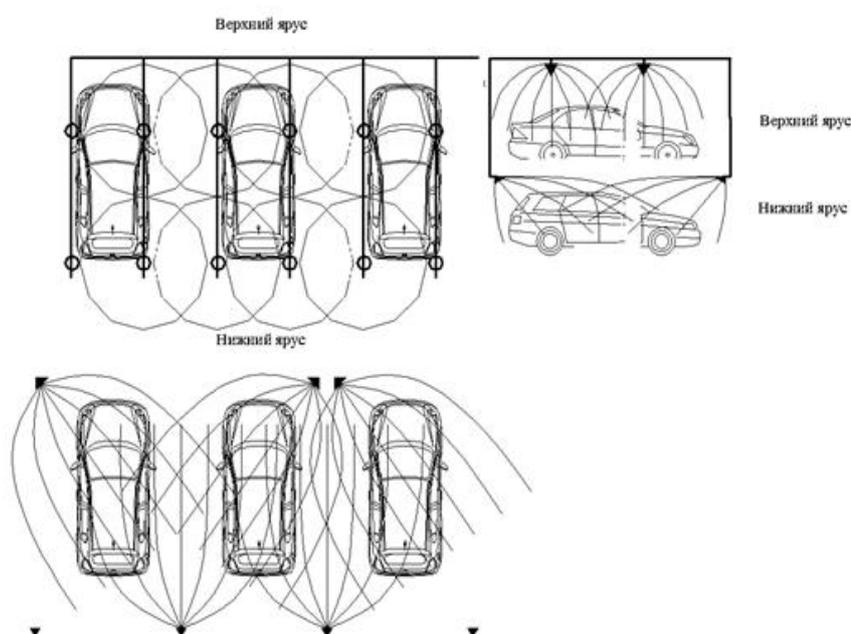


Рисунок 2 – Пример расположения спринклеров на верхнем и нижнем ярусе механизированной многоярусной автостоянки

При значительном удалении оросителя от перекрытия создается проблема его активации, т.к. тепловые потоки от пожара поднимаются вверх, тем самым исключая возможность запуска оросителей установленных на нижнем ярусе паркинга. Нормативные документы регламентируют установку термочувствительного замка спринклера на высоте не более 40 см от плоскости перекрытия [3]. Для своевременного запуска спринклерного оросителя необходимо применение оросителей с принудительным пуском, которые могут быть запущены по сигналу от автоматической системы управления в необходимый момент времени.

Разработанный группой компаний «Гефест» совместно с ВНИИПО МЧС России стандарт организации СТО 420541.004 «Автоматические установки водяного пожаротушения АУП-Гефест. Проектирование», получивший статус ведомственного нормативного документа в области пожарной безопасности ВНПБ40-16, содержит раздел «Защита механизированных автостоянок и автостоянок с полумеханизированной парковкой», которые регламентирует применение оросителей с принудительным пуском для защиты многоярусных автостоянок механизированного типа [4].

Для защиты такого типа автостоянок необходимо запускать оросители защищающие верхний и нижний ярус автостоянки, это обеспечивает достаточный уровень интенсивности орошения на защищаемой площади, даже с учетом экранирования нижнего яруса верхним.

С целью определения места возгорания на защищаемом объекте применяется система управления автоматическим пуском спринклеров, которая включает в себя оросители с принудительным пуском, сателлитные тепловые пожарные извещатели и приемно-контрольный прибор [5]. Сателлитные тепловые пожарные извещатели имеют возможность реагировать как на достижение определённого порогового значения температуры в месте установки, так и на повышение температуры на определенное значение за интервал времени.

Применение сателлитных тепловых пожарных извещателей обеспечивает достоверное определение зоны защищаемого объекта, на котором зарегистрировано повышение температуры, характеризующееся возгоранием, или достижение порогового значения температуры.

Точное определение места возгорания позволяет сформировать, в автоматическом режиме, группу спринклеров, которая обеспечит гарантированную локализацию очага возгорания. С целью недопущения ложного срабатывания спринклеров с принудительным пуском, активация группы оросителей будет произведена только при наличии разрешающего сигнала от пожарной сигнализации. Такой сигнал может быть получен при наличии задымления на защищаемом объекте.

Активация группы спринклеров в непосредственной близости от оси очага позволяет обеспечить гарантированную локализацию пожара, уменьшить ущерб от необоснованного пролива воды в месте, где пожара нет. Принудительный запуск оросителей на самой ранней стадии развития очага, за счет применения сателлитных тепловых пожарных извещателей, позволяет использовать меньшее количество воды для нужд пожаротушения, что в свою очередь уменьшает диаметры трубопроводов, размеры резервуаров огнетушащей жидкости, а также допускает применение в качестве пожарного трубопровода пластиковые и металлопластиковые трубы [6].

Технология принудительного пуска оросителей позволяет применять спринклерную систему пожаротушения и на других объектах транспортной инфраструктуры, которые имеют сложную конфигурацию помещений или вероятность быстрого распространения пожара. Например, при защите железнодорожного депо возможен запуск группы оросителей, площадь орошения которых заведомо больше площади возможного пожара на момент обнаружения его сателлитным тепловым пожарным извещателем.

#### *Список литературы*

1. Гнездилов С.Г., Быстров Е.О., Вершинский А.В. и др. Развитие классификации и терминологии в области механизированных автомобильных стоянок // Подъемно-транспортное дело. 2009. № 5-6.
2. СП 154.13130.2013. Встроенные подземные автостоянки. Требования пожарной безопасности.
3. СП 5.13130.2009. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.
4. Стандарт организации СТО 420541.004 «Автоматические установки водяного пожаротушения АУП-Гефест. Проектирование». СПб. ГК «Гефест». 2015.
5. Руководство по эксплуатации ХОГ 902.01.00 РЭ. Программируемый комплекс технических средств контроля и управления «Олимп». СПб. ГК «Гефест». 2015.
6. Аракчеев А.В., Танклевский А.Л. Использование технологии принудительного пуска спринклеров для защиты многоуровневых автостоянок. Алгоритм Безопасности. 2016. № 3.

## **ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Воднев Сергей Александрович – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Аннотация.* Рассмотрено влияние системы технического обеспечения МЧС России на обеспечение пожарной безопасности. Проведен анализ состояния вооружения, военной и специальной техники МЧС России. Обоснованы перспективные направления развития системы технического обеспечения.

*Ключевые слова:* техническое обеспечение, пожарная безопасность, вооружение, военная и специальная техника, ресурсы.

## **PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF SYSTEM OF TECHNICAL SUPPLY OF DIVISIONS OF EMERCOM OF RUSSIA FOR THE BENEFIT OF ENSURING FIRE SAFETY**

*Vodnev Sergey A. – postgraduate of faculty of training of the highest category, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract.* In article influence of system of technical providing Emercom of Russia on ensuring fire safety is considered. The analysis of a condition of arms, the military and special equipment of Emercom of Russia is carried out. The perspective directions of development of system of technical providing are proved.

*Keywords:* technical providing, fire safety, arms, military and special equipment, resources.

Уровень технического состояния и недоукомплектованность подразделений Государственной противопожарной службы пожарной техникой существенно усложняют действия пожарных подразделений по спасению людей, материальных ценностей и тушению пожаров, и в первую очередь в городских условиях с высокой этажностью и плотностью застройки.

Для решения данной проблемы следует в ближайшее время обновить парки пожарной техники подразделений МЧС России, внедрение в ее системе новых, высокоэффективных образцов пожарной техники и оборудования, и создать научно-методический аппарат для принятия оптимальных управленческих решений.

В настоящее время в условиях социально-экономической нестабильности остро встают вопросы оптимизации финансовых и материальных ресурсов федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ и организаций, направляемых на решение проблем пожарной безопасности, получения при этом максимальной эффективности от использования ресурсного потенциала МЧС России [1,2].

Управление развитием системы вооружения подразделений МЧС России осуществляется на плановой основе посредством разработки и реализации программ и планов переоснащения подразделений МЧС России современными техническими средствами и техникой.

Согласно принятой методологии программно-целевое управление развитием переоснащения подразделений МЧС России осуществляется в четыре основных этапа:

обоснование, формирование, реализация и контроль хода выполнения соответствующих программ и планов. При этом на этапе обоснования программы переоснащения решаются следующие основные задачи: формирование единой системы исходных данных, оценка технического состояния системы вооружения, генерация множества возможных вариантов и выбор из них рационального, который и будет являться основой для принятия решения [3].

В то же время к задачам государственной программы Российской Федерации "Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах", утвержденной постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 № 300 относится обеспечение эффективного материально-технического снабжения системы МЧС России, обеспечение подразделений Министерства современными образцами техники, оборудования, вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) [4].

Однако проведенный анализ показывает, что фактически отсутствуют формализованные критерии оценки эффективности материально-технического снабжения системы МЧС России, а также научно-методические средства для принятия оптимальных управленческих решений в области обеспечения и переоснащения ВВСТ системы МЧС России в интересах снижения материальных и экономических затрат.

Целью технического обеспечения системы МЧС России является поддержание готовности территориальных органов МЧС России и учреждений МЧС России к выполнению задач по предназначению и способности выполнить поставленные задачи готовой к применению (использованию) техникой с учетом обеспеченности необходимым имуществом.

К основным задачам системы технического обеспечения МЧС России относятся:

- своевременное обеспечение территориальных органов МЧС России и учреждений МЧС России техникой и имуществом по установленным нормам (штатам, табелям);
- организация технически правильной эксплуатации техники и поддержание её в постоянной готовности к применению;
- организация своевременного и качественного ремонта техники;
- контроль за эксплуатацией и ремонтом техники, за выполнением требований руководящих документов по организации технического обеспечения.

К основным элементам системы технического обеспечения МЧС России можно отнести следующие:

- технические средства, поставляемые подразделениям МЧС России, выполняющие задачи по назначению;
- органы управления техническим обеспечением;
- материальные и финансовые ресурсы, предназначенные для решения основных задач системой технического обеспечения МЧС России;
- нормативно-правовая база, определяющие порядок и правила взаимодействия органов управления техническим обеспечением;
- подсистема подготовки и переподготовки кадров.

В настоящее время обеспечение технической готовности подразделений ГПС МЧС России осуществляется путем:

- поставки современных образцов ВВСТ;
- перераспределения ВВСТ, высвобождающейся в ходе реформирования войск гражданской обороны;
- восстановления неисправного ВВСТ;
- своевременного обеспечения текущего ремонта ВВСТ.

Данную совокупность процессов технического обеспечения подразделений МЧС России можно декомпозировать на множество подпроцессов, включающее в себя:

- учёт техники и имущества, поступивших на обеспечение (укомплектование);
- ввод техники в строй и закрепление её за личным составом;
- освоение техники личным составом;
- организацию технической подготовки личного состава;
- использование техники для подготовки территориальных органов МЧС России и учреждений МЧС России к применению по назначению и обеспечения повседневной деятельности в строгом соответствии с нормативными эксплуатационными документами;
- постановку (закладку) на хранение техники и имущества,
- их содержание в соответствии с требованиями руководств по хранению;
- организацию обеспечения подразделений учреждения МЧС России имуществом и другими материальными средствами;
- техническое обслуживание и ремонт техники в строгом соответствии с требованиями руководящих документов, инструкций предприятий-производителей;
- систематический контроль состояния техники должностными лицами территориальных органов МЧС России и учреждения МЧС России;
- управление силами и средствами технического обеспечения территориальных органов МЧС России и учреждения МЧС России [5].

В настоящее время организация технического обслуживания и ремонта вооружения, военной и специальной техники МЧС России в силу ряда объективных и субъективных факторов находится в трудном положении.

Так проведенный анализ состояния технического обеспечения МЧС России по Республике Коми (табл. 1) показал, что в данный момент порядка 30% парка ВВСТ выработала свой ресурс и требует замены.

*Таблица 1 – Анализ состояния вооружения, военной и специальной техники МЧС России по Республике Коми*

|                      | Сыктывкар | Ухта  | Воркута |
|----------------------|-----------|-------|---------|
| Всего единиц техники | 28        | 48    | 22      |
| Основной/специальной | 16/12     | 33/15 | 12/10   |
| В боевой готовности  | 19        | 37    | 15      |
| Находятся в ремонте  | 6         | 3     | 3       |
| Требует замены       | 3         | 8     | 4       |

Основное противоречие применительно к рассматриваемым проблемам заключается в следующем: несоответствие между возможностями программ переоснащения МЧС России современными образцами техники и оборудования и государственными интересами в области предупреждения ЧС в изменяющейся социально-экономической и организационно-технической обстановке.

Рассмотрение противоречий исследуемого процесса привело к необходимости решения следующей *научной задачи*, заключающейся в разработке методического обеспечения оценивания эффективности управленческих решений по оснащению и обеспечению ВВСТ подразделений МЧС России.

Результаты решения научной задачи направлены на выбор оптимального варианта технического обеспечения (закупка новой техники, ремонт существующей, ремонт

созданной) подразделений МЧС России путем формирования комплексной оценки на основе построения иерархической структуры критериев.

Идея метода состоит в том, что все критерии объединяются в определенную иерархическую структуру. На каждом уровне этой структуры происходит построение агрегированной оценки критериев системы вооружения подразделений МЧС России: уровня оснащенности подразделений, уровня исправности и уровня современности техники и оборудования.

Для комплексного решения задачи оптимального распределения ограниченных материальных и финансовых ресурсов для достижения целей технического обеспечения подразделений МЧС России на плановый период требуется:

- формализация количественных показателей, отражающих цели системы [6] технического обеспечения подразделений МЧС России;
- формализация взаимосвязи между техническими характеристиками ВВСТ подразделений МЧС России и используемыми ресурсами [7];
- формализация критериев достижения целевого предназначения системой технического обеспечения МЧС России в условиях ограниченности материальных и финансовых ресурсов.

Каждое из сформулированных условий представляет собой нетривиальную задачу, на решение которой будут направлены дальнейшие усилия. Установление количественных зависимостей между целевыми показателями и характеристиками ВВСТ подразделений МЧС России, а также материальными и финансовыми ресурсами, требуемыми для достижения целевых показателей, предполагает разработку единой совокупности адекватных экономико-математических моделей и расчетных методик, которая должна лечь в основу программно-целевого планирования и управления.

#### *Список литературы*

1. Матвеев А.В., Максимов А.В. Ресурсный потенциал и его использование в системе ГПС МЧС России // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". 2015. № 1. С. 62-68.
2. Матвеев А.В., Одоевский С.М. Оптимизация распределения ресурсов на защиту объектов от чрезвычайных ситуаций методом линейного программирования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2011. № 4 (20). С. 24-32.
3. Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2012 г. № 1481 "О федеральной целевой программе "Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года".
4. Гречушкин Н.Н. Приоритеты оснащения сил МЧС России // Каталог "Пожарная безопасность". 2010. С. 16-18. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.secuteck.ru/articles2/firesec/priority-osnasheniya-sil-mchs-rossii/>.
5. Приказ МЧС России № 555 от 18.09.2012 «Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».
6. Матвеев А.В. Опасность – безопасность – риск: этимологический и семантико-философский анализ // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2013. №4. С.4-12.
7. Максимов А.В., Матвеев А.В. Функции стратегического управления ресурсами территориальных подразделений МЧС России // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2016. № 3 (20). С. 82-85.

## АНАЛИЗ УРОВНЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ И МЕЖВИДОВОЙ УНИФИКАЦИИ ОСНОВНЫХ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

*Сытдыков Максим Равильевич – кандидат технических наук, заместитель начальника кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Аннотация.* Проведен сбор и анализ информационно-статистических данных о степени оснащённости установок пожаротушения основных пожарных автомобилей составными частями. На основании этого оценен уровень межвидовой унификации установок водяного, пенного и порошкового тушения.

*Ключевые слова:* основной пожарный автомобиль, водяное тушение, порошковое тушение, пенное тушение, стандартизация, унификация.

## ANALYSIS OF THE LEVEL OF STANDARDIZATION AND UNIFICATION OF THE SPECIES OF BASIC FIRE-FIGHTING VEHICLES

*Sytdykov Maxim R. – Ph.D, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract.* Spend the collection and analysis of information and statistics on the extent of extinguishing sets of basic equipment fire trucks constituents. On the basis of this estimated level of interspecific unification water systems, foam and powder extinguishing.

*Key words:* the main fire truck, water quenching, quenching powder, quenching foam, standardization and unification.

В настоящее время вопросы стандартизации и унификации приобретают все большую актуальность в сфере производства пожарных автомобилей, их оптимизации и унификации, обеспечения совместимости и взаимозаменяемости составных деталей, сокращение сроков создания, а также затрат на эксплуатацию и утилизацию [1].

Основные характеристики отечественного парка ОПА определяют уникальные свойства и область применения каждого автомобиля, зависящие, главным образом, от вывозимых им огнетушащих веществ.

Анализ этих данных показал:

– наличие большого разнообразия марок базового шасси основных пожарных автомобилей и типоразмеров установок пожаротушения (далее – установка), каждое из которых имеет свою не всегда оправданную уникальность; например, конструктивное исполнение сосудов для огнетушащих веществ (ОТВ). Трудность решения данной проблемы заключается в том, что почти все изделия оригинальные и произведены по индивидуальным решениям заказчика;

– автомобили на базе легковых шасси могут иметь большой спектр применения, примером является АЦ нового поколения типа NATISK (предназначена для тушения пожаров класса А – древесина, бумага, уголь, текстиль, каучук, пластмасса, и класса В – бензин, нефтепродукты, парафины);

– необходимость разработки параметрического ряда для установок различного вида пожаротушения и проведения их типизации по приоритетному определяющему параметру эффективности их применения;

– необходимость кардинального подхода в модернизации установок всех видов пожаротушения для обеспечения возможности оперативной смены ОТВ и концентри-

рования необходимого запаса ОТВ на месте пожара в зависимости от особенности районов выезда подразделений пожарной охраны.

Решение проблемы повышения эффективности ОПА возможно методом межвидовой унификации различных типов, уровень которой определяют зависимостью [2]:

$$K_{м.у} = \frac{\sum_{i=1}^H n_i - Q}{\sum_{i=1}^H n_i - n_{max}} \cdot 100,$$

где  $H$  – общее количество рассматриваемых изделий;  $n_i$  – количество типоразмеров составных частей в  $i$ -м изделии;  $Q$  – общее количество оригинальных типоразмеров составных частей, из которых состоит группа из  $H$  изделий;  $n_{max}$  – максимальное количество типоразмеров составных частей одного из изделий, составляющих данную группу.

С этой целью выполнены сбор и анализ информационно-статистических данных о степени оснащённости установок транспортных средств составными частями [3]. На основании этого оценен уровень межвидовой унификации (по величине коэффициента межвидовой унификации  $K_{м.у}$ ) установок водяного, пенного и порошкового соответственно:

$$K_{м.у} = \frac{\sum_{i=1}^H n_i - Q}{\sum_{i=1}^H n_i - n_{max}} \cdot 100 = \frac{90 - 68}{90 - 20} \cdot 100 = 31,4\%.$$

$$K_{м.у} = \frac{\sum_{i=1}^H n_i - Q}{\sum_{i=1}^H n_i - n_{max}} \cdot 100 = \frac{40 - 30}{40 - 0} \cdot 100 = 25,0\%.$$

$$K_{м.у} = \frac{\sum_{i=1}^H n_i - Q}{\sum_{i=1}^H n_i - n_{max}} \cdot 100 = \frac{106 - 61}{106 - 7} \cdot 100 = 45,5\%.$$

Значения коэффициента межвидовой унификации указывают на недостаточный уровень унификации рассмотренных установок различных видов пожаротушения.

Анализ результатов оценки межвидовой унификации установок показывает, что выполнение требований по стандартизации может быть достигнуто путем применения известных решений:

- уменьшение числа типоразмеров составных частей установок на стадии их проектирования и разработки;
- внесение изменений в существующие нормы по изготовлению и оснащению установок стандартным технологическим оборудованием;
- внесение изменений в существующие нормы по типизации установок на основе введения определяющего параметра эффективности этих установок.

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 29.06.2015 г. №162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» // Справочная правовая система Консультант Плюс.

2. Марков К.М. Стандартизация, метрология и сертификация в строительстве. Конспект лекций. – М.: Гос. акад. водного транспорта. 2006.

3. Сытдыков М.Р., Пелекшин О.М., Поляков А.С. Информационно-статистический анализ уровня межвидовой унификации основных пожарных автомобилей // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2016. № 2. С. 26-33.

УДК 614.842/.847

## **ЗНАЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ**

**Бондар Александр Иванович** – кандидат технических наук, доцент, Заместитель начальника Северо-Западного регионального центра (по Государственной противопожарной службе) по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

**Вислогузов Виктор Викторович** – кандидат технических наук, доцент, главный государственный инспектор Ломоносовского района Ленинградской области по пожарному надзору, руководитель органа дознания по пожарам Ломоносовского района Ленинградской области, начальник отдела надзорной деятельности Ломоносовского района Управления надзорной деятельности Главного управления МЧС России по Ленинградской области

**Марасанова Ксения Николаевна** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Транспортная инфраструктура оказывает значительное влияние на проведение политики в области противопожарной защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. В работе проведен анализ состояния автомобильных дорог, рассмотрены «узкие места» и проблемные вопросы, выявлена роль и значимость транспортной системы в обеспечении пожарной безопасности населения.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, проблема, эффективность, пожарная безопасность, оперативность, добровольная пожарная охрана.

## **THE IMPORTANCE OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE TO ENSURE THE FIRE SAFETY OF THE COUNTRYSIDE**

*Bondar Alexander I. – PhD., associate professor*

*Vislogusov Victor V. – PhD., associate professor*

*Marasanova Kseniya N. – adjunct, Faculty of highly qualified personnel training, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

Abstract. Transport infrastructure has a significant impact on the conduct of policy in the field of fire protection of population and territories from emergency situations. The paper analyzes the state of roads, there are also considered "bottlenecks" and the problematic issues identified the role and importance of the transport system to ensure the fire safety of the population.

Keywords: transport infrastructure, problem, efficiency, fire safety, voluntary fire brigade working.

В настоящее время Российская Федерация имеет все виды современного транспорта, транспортные коммуникации по своему размещению и структуре отвечают как внешним, так и внутренним транспортно-экономическим связям страны. Отечественный транспортный комплекс является системообразующим фактором развития экономики, основой промышленного и хозяйственного освоения территорий. Огромное влияние на проведение политики в области пожарной безопасности оказывает транспортная инфраструктура, без учета транспортных коммуникаций нельзя достичь размещения сил и средств оперативных подразделений государственной противопожарной службы, обеспеченность транспортными путями, и их пропускную способность. В целом рационализация транспортных коммуникаций влияет на эффективность и оперативность реагирования на чрезвычайные ситуации.

Особого внимания требуют проблемы развития транспортной инфраструктуры в сельской местности. Транспортные условия для сельского населения во многих уголках нашей страны оставляют желать лучшего. Недостаточный доступ или отсутствие элементарного доступа могут серьезно ограничивать и затормаживать передвижение пожарной техники и оборудования в случае чрезвычайной ситуации, что может повлечь за собой огромные негативные последствия. Недостаток элементарного доступа к дорогам может быть причиной «хронической пожарной опасности». Он является важным фактором, способствующим существованию территориальной «западни» пожарной опасности.

За последнее время все чаще возникают проблемы, связанные с увеличением количества чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, которые приводят к значительным людским потерям и огромному материальному ущербу.

Ежегодно складывается тяжелейшая ситуация с пожарами в Российской Федерации, которая обращает внимание на то, насколько остро встает вопрос тушения пожаров в сельской местности, где основная часть населенных пунктов остается неприкрытой. На сегодняшний день в Российской Федерации насчитывается порядка 30 тыс. сельских населенных пунктов, численность населения которых превышает 37 млн. человек.

Довольно часто старые населенные пункты не отвечают требованиям пожарной безопасности.

Широкое использование горючих материалов, отсутствие надежной системы противопожарного водоснабжения, малая численность пожарной охраны, скученность жилых и хозяйственных зданий и сооружений, недостаточно развитая сеть благоустроенных дорог, а также отсутствие в ряде случаев надежной связи способствуют быстрому развитию пожаров. От разлетающихся искр и головней возникают новые очаги горения. При ветре искры и головни разбрасываются на расстояние 600 м и более, пожар развивается на большой площади [4].

Организация тушения пожаров в сельской местности очень сложна, так как именно здесь происходит наибольшее количество пожаров, не всегда имеется необходимое противопожарное водоснабжение и не всегда возможно быстро доставить к месту происшествя пожарные машины. Неблагополучно обстоит дело с организацией связи и состоянием дорог в осенне-зимний период года.

При пожаре в сельских населенных пунктах возможно:

- неудовлетворительная связь и состояние дорог;
- быстрое распространение огня по горючим строениям и материалам;
- массовая гибель животных;
- взрывы бытовых газовых баллонов;
- опасность поражения электрическим током;
- перенос огня (искр, головней) на значительные расстояния;

- удаленность пожарных подразделений от населенных пунктов;
- неудовлетворительное водоснабжение;
- выделение при горении в складах гербицидов, ядохимикатов и удобрений токсичных веществ, паров и газов, способных образовывать взрывоопасную концентрацию и зоны, опасные для жизни людей и животных.

Поэтому в настоящее время остро встает вопрос о необходимости создания добровольной пожарной охраны, добровольных пожарных дружин при текущих условиях в сельских поселениях, которые своевременно и оперативно смогут реагировать на возникшие чрезвычайные ситуации, что существенно сократит количество погибших и пострадавших людей, а также уровень материального ущерба.

Следует отметить, что добровольная пожарная охрана – это форма участия граждан в обеспечении первичных мер пожарной безопасности. Участие в добровольной пожарной охране является формой социально значимых работ, устанавливаемых органами местного самоуправления поселений и городских округов [1].

Как и любое подразделение пожарной охраны, добровольные пожарные дружины должны иметь пожарную технику и оборудование.

В ГОСТ 12.2.047-86 (СТ СЭВ 5236-85) "ССБТ. Пожарная техника. Термины и определения" понятие "пожарная техника" определено как технические средства для предотвращения, ограничения развития, тушения пожара, защиты людей и материальных ценностей от пожара. Там же в качестве недопустимого синонима указано на понятие "противопожарная техника".

В большинстве случаев добровольные пожарные дружины используют в сельской местности пожарные автоцистерны.

Пожарная автоцистерна (краткая форма: "автоцистерна") - пожарный автомобиль, оборудованный пожарным насосом, емкостями для жидких огнетушащих веществ и предназначенный для доставки к месту пожара личного состава и пожарнотехнического вооружения [3].

Пожарные автоцистерны (АЦ) предназначены для тушения пожаров, доставки к месту вызова боевых расчетов, огнетушащих веществ (ОТВ) и пожарнотехнического вооружения (ПТВ). На них в качестве ОТВ используется вода и пенообразователь для тушения пеной. Пожарные АЦ используются как самостоятельные боевые единицы с подачей воды из собственной цистерны, открытого водоема или водопроводной сети. Может также подавать пену, используя пенообразователь как из бака АЦ, так и из постороннего источника [5].

Для выполнения основных функций пожарные надстройки АЦ включают цистерны для воды и баки для пенообразователя, пожарные насосы с трансмиссиями к ним, водопенные коммуникации и приводы управления механизмами. Все элементы пожарных надстроек размещаются в кузовах, смонтированных на шасси грузовых автомобилей [2].

В целях достижения сбалансированного развития необходима модернизация транспортных звеньев, связывающих малые и средние города области, сельские и островные территории с трансроссийскими и трансевропейскими сетями и транспортными центрами (железные дороги, автострады, аэропорты и многофункциональные центры) [6].

Необходимо признать, что отсутствие элементарного дорожного доступа часто является результатом неудовлетворительного содержания дорог и плохой организации, недостаточной ответственности и финансирования. Это может быть вызвано политическим влиянием, направленным на расширение и модернизацию дорожных сетей, в ущерб содержанию существующих основных сетей. В таком случае важно принять такую политику по сельским дорогам и такую стратегию, которые бы обеспечивали финансовую стабильность содержания дорог [6].

Стабильность транспортного прогресса должна стать общей задачей всех транспортных мер в сельской местности. Неадекватный транспортный доступ обычно является одной из многих проблем инфраструктуры, с которыми сталкивается большинство сельских районов. Программы интегрированного развития сельской инфраструктуры могут способствовать взаимодействию между различными секторами. Поскольку эти программы обширны, они могут оказать большее воздействие на результаты и качество проведения аварийно-спасательных работ.

Вопрос основного доступа как правило возникает при низком объеме, и внимание политики должно быть обращено на инженерное решение с минимальными затратами, которое обеспечивало бы не столько сверхвысокие рабочие стандарты, сколько круглогодичную автотранспортную проходимость. В большинстве сельских районов основной доступ можно обеспечить, сделав поперечный дренаж (мосты и водопропускные трубы), способный выдерживать сильные дожди.

Как показало исследование, транспортная инфраструктура имеет важное значение в решении проблем обеспечения пожарной безопасности, в частности, сельских населенных пунктов. Обеспеченность территории хорошо развитой транспортной системой служит одним из важных факторов оперативного реагирования на неблагоприятные ситуации, является важным преимуществом при размещении сил и средств пожарных подразделений.

#### *Список литературы*

1. Иванников В.П., Ключ П.П. "Справочник руководителя тушения пожара". Москва. Стройиздат. 1987.
2. Бессмертнов В.Ф., Вязигин В.Г., Малыгин И.Г. «Пожарная тактика в вопросах и ответах», СПб.: Санкт-Петербургский институт ГПС МЧС России. 2003.
3. Федеральный закон от 6 мая 2011 г. № 100-ФЗ "О добровольной пожарной охране".
4. ГОСТ Р 53248-2009 "Техника пожарная. Пожарные автомобили. Номенклатура показателей".
5. Безбородько М.Д. Учебник Пожарная техника. Москва, 2004.
6. ГОСТ Р 53247-2009 "Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения".

УДК 614.842/.847

## **ЗНАЧЕНИЕ ПОЖАРНОГО ПРОЕЗДА ДЛЯ УЧРЕЖДЕНИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Шидловский Александр Леонидович – кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры практической подготовки сотрудников пожарно-спасательных формирований*

*Сидоренко Елена Анатольевна – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Аннотация. Пожарные проезды к учреждениям здравоохранения оказывают значительное влияние на обеспечение пожарной безопасности. В работе проведен анализ состояния пожарных проездов, рассмотрены «узкие места» и проблемные вопросы, выявлена роль и значимость пожарных проездов в обеспечении пожарной безопасности населения.*

*Ключевые слова:* пожарный проезд, проблема, пожарная безопасность, учреждения здравоохранения, эффективность.

## THE IMPORTANCE OF FIRE ACCESS ROAD TO ENSURE THE FIRE SAFETY OF THE HEALTH CARE FACILITY

*Shidlovsky Alexander L. – PhD*

*Sidorenko Elena A. – adjunct, Faculty of highly qualified personnel training  
Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract.* Fire access road has a significant impact on the conduct of fire protection of the health care facility. The paper analyzes the state of fire access road, there are also considered "bottlenecks" and the problematic issues identified the role and importance of the fire access road to ensure the fire safety of the population.

*Keywords:* Fire access road, problem, fire safety, health care facility, efficiency.

Как показывает анализ происшедших пожаров, проблемными вопросами спасения людей при пожарах в медицинских учреждениях является наличие специфичных контингентов больных, которые не способны самостоятельно передвигаться или находиться под воздействием лекарственных препаратов, в том числе в состоянии лечебного сна. При пожаре среди данных контингентов возникает паника, впоследствии чего возникает блокировка путей эвакуации и затруднение доступа пожарных к очагам горения. Либо наоборот, наличие больных, неспособных самостоятельно передвигаться по путям эвакуации.

При этом тушение пожара на этих объектах осложняется частым наличием на окнах и дверях металлических сеток и решеток, быстрым распространением пламени по системам вентиляции и кондиционирования воздуха, наличием специальной медицинской аппаратуры, различных фармацевтических и химических препаратов, что приводит к выделению большого объема токсичных веществ.

На сегодняшний момент в отношении пожарной безопасности учреждений здравоохранения большое количество нерешенных проблем. К одной из таких актуальных проблем необходимо отнести проблему отсутствия либо загромождения пожарных проездов. Основным вопросом при тушении пожаров является время следования к месту происшествия. От этого зависят масштаб и последствия пожара. Одним из факторов, способствующих замедлению прибытия пожарных подразделений, является отсутствие пожарного проезда к месту возгорания [1]. Самым распространенным способом загромождения пожарных проездов, является загромождение проездов автомобилями. В настоящее время в России почти каждая семья имеет автомобиль, но, к сожалению, не все транспортные средства имеют парковочные места. Из-за этого люди оставляют их возле своих домов, в том числе и прямо на дороге, и возле социальных учреждений и учреждений здравоохранения, тем самым загромождая пожарный проезд. Из-за оставленной в неположенном месте машины пожарный автомобиль не сможет вовремя проехать к месту происшествия, не сможет оказать своевременную помощь.

В настоящее время пожарные проезды являются неотъемлемой частью современного благоустройства. Пожарные проезды вокруг медицинских учреждений должны обеспечивать свободный подъезд пожарных машин в случае необходимости, быть надежными и удобными для движения и разворотов тяжелой техники.

Проезды для пожарных машин проектируются в соответствии с действующими нормативными документами, в которых указываются размеры пожарных проездов, их расстояния от зданий и т.д.

### **Требования к пожарным проездам:**

Ширина проездов для пожарной техники в зависимости от высоты зданий или сооружений должна составлять не менее:

- 3,5 метров – при высоте зданий или сооружения до 13,0 метров включительно;
- 4,2 метра – при высоте здания от 13,0 метров до 46,0 метров включительно;
- 6,0 метров – при высоте здания более 46 метров.

В общую ширину противопожарного проезда, совмещенного с основным подъездом к зданию и сооружению, допускается включать тротуар, примыкающий к проезду.

Расстояние от внутреннего края проезда до стены здания или сооружения должно быть:

- для зданий высотой до 28 метров включительно – 5-8 метров;
- для зданий высотой более 28 метров – 8-10 метров [2].

В замкнутых и полужамкнутых дворах необходимо предусматривать проезды для пожарных автомобилей.

Сквозные проезды (арки) в зданиях и сооружениях должны быть шириной не менее 3,5 метра, высотой не менее 4,5 метра и располагаться не более чем через каждые 300 метров, а в реконструируемых районах при застройке по периметру - не более чем через 180 метров. В исторической застройке поселений допускается сохранять существующие размеры сквозных проездов (арок).

Тупиковые проезды должны заканчиваться площадками для разворота пожарной техники размером не менее чем 15 x 15 метров. Максимальная протяженность тупикового проезда не должна превышать 150 метров [3].

Дороги и проезды к зданиям, сооружениям, открытым складам, наружным пожарным лестницам должны быть всегда свободными для проезда пожарной техники и в исправном состоянии, а зимой – очищенными от снега и льда. В случае закрытия дорог или проездов в связи с их ремонтом или по другим причинам организация обязана немедленно сообщить в территориальное подразделение пожарной охраны [4].

Как показал анализ исследования, пожарный проезд имеет важное значение в решении проблем обеспечения пожарной безопасности в учреждениях здравоохранения. Создание удобных пожарных проездов – это неотъемлемая составляющая современного благоустройства любой территории. Такие автопроезды должны обеспечивать свободный маневр пожарной технике и быть безопасными.

Зачастую пожарные бригады встречаются с полным отсутствием аварийных проездов, разъездных площадок, а также мест для парковки. Случается, что уже оснащенные платформы не выдерживают регламентированную правилами нагрузку. Также одним из препятствий являются современные газонные решетки, по причине которых противопожарные пути не имеют необходимой несущей способности.

Разрушенная колея и оставленные без присмотра транспортные средства создают помехи своевременному приезду на место трагедии пожарных команд, что, несомненно, препятствует спасению людей, эффективной и оперативной ликвидации очага возгорания.

#### *Список литературы*

1. Бессмертнов В.Ф., Вязигин В.Г., Малыгин И.Г. Пожарная тактика в вопросах и ответах. СПб.: Санкт-Петербургский институт ГПС МЧС России. 2003.
2. Свод правил 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (с Изменением № 1).
3. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ-01-03).

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВУЧИХ АВТОСТОЯНОК

**Таранцев Александр Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук; профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

**Сморыго Владимир Валерьевич** – кандидат технических наук, советник директора СПб ГАУ Центр государственной экспертизы», начальник сектора пожарной и промышленной безопасности

**Дорожкин Александр Сергеевич** – старший преподаватель кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. В работе указаны данные о количестве легковых автомобилей в России, приведены основные требования нормативных документов по пожарной безопасности к плавучим стоянкам.

Ключевые слова: пожарная безопасность, плавучие автостоянки.

## FIRE SAFETY OF FLOATING CAR PARKS

*Tarantsev Alexander A. – Doctor of Technical Sciences, Professor, PROFESSOR of department of fire fighting organization and conduct of rescue operations, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Smorygo Vladimir V. – Advisor to the Director of SPb GAU Center of state expertise" the chief of the fire and industrial safety candidate of technical Sciences*

*Dorozhkin Alexander S. – Senior Lecturer of the Department of fire safety of buildings and automated fire suppression systems Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

Abstract. The article contains data on the number of passenger cars in Russia, given the basic requirements of normative documents on fire safety to the floating stops.

Keywords: fire safety, floating car parks.

Динамика современных городов имеет две основные тенденции – высотное строительство и резкое увеличение транспортных средств, в основном автомобилей. В обоих случаях возникает проблема автомобильных стоянок/паркингов [1].

За последние 10 лет парк легковых автомобилей в России увеличился на 51% - с 27 млн. штук в начале 2006 года до 40,9 млн штук к началу 2016 года. Согласно данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», по состоянию на начало 2016 года на каждую тысячу россиян приходилось 283 легковых автомобиля [2].

Увеличение парка легковых автомобилей в России, ввод в эксплуатацию зданий повышенной этажности, многофункциональных зданий, недостаточное количество стоянок, привели к тому, что проезды, предназначенные для проезда и установки автомобилей оперативных служб (автолестниц, коленчатых подъемников, автоцистерн), повсеместно заставлены автомобилями. Решение данной проблемы видится в увеличении количества введенных в эксплуатацию автостоянок. В последнее время в связи с ростом числа легковых автомобилей в России, проектируется и вводится в эксплуатацию все большее количество стоянок [1].

В центральных районах многих крупных городов, в том числе в Москве, Санкт-Петербурге, строительство надземных стоянок вызывает затруднение ввиду отсутствия свободных мест под застройку. Выход из сложившейся ситуации – это строительство плавучих стоянок, которые можно разместить в акватории рек, Финского залива.

На рисунке представлен вид одной из современных плавучих автостоянок.

Стоянка автомобилей (автостоянка, паркинг, парковка, гараж, гараж-стоянка) это здание, сооружение (часть здания, сооружения) или специальная открытая площадка, предназначенная для хранения (стоянки) преимущественно легковых автомобилей и других мототранспортных средств (мотоциклов, мотороллеров, мотоколясок, мопедов, скутеров), которые могут быть:

- встроенными, встроено-пристроенными, отдельностоящими, пристроенными, подземными;
- наземными закрытого типа;
- плоскостными открытого типа;
- открытого типа;
- модульными быстровозводимыми;
- плавучими (дебаркадерными);
- механизированными;
- полумеханизированными;
- обвалованными;
- перехватывающими (п. 3.1 [3]).

Плавучая стоянка автомобилей (дебаркадерная стоянка автомобилей) это – плавучая пристань, причальное сооружение в виде судна или понтона, стационарно установленное (в речном порту) и предназначенное для стоянки легковых автомобилей (п. 3.9г [3]).

Плавучие (дебаркадерные) стоянки автомобилей при необходимости могут размещаться на существующих или вновь возводимых дебаркадерах при нехватке городских парковочных площадей. Дебаркадер, как правило, состоит из плавучего понтона и надстройки. Дебаркадеры могут быть бетонными монолитными, сборно-монолитными, сборными. Надстройка может быть однопалубной – однодечный дебаркадер, или двухпалубной – двухдечный дебаркадер (п. 5.2.24 [3]).

Загрузка автомобилей на дебаркадерную стоянку может осуществляться по трапам или механическим способом без участия автовладельца.

Плавучие стоянки автомобилей допускается проектировать с применением незащищенного металлического каркаса и ограждающих конструкций из материалов с применением сэндвич-панелей или группы негорючих (НГ) материалов без применения горючих утеплителей (типа многоярусной этажерки) (п. 5.2.25 [3]).

К основным проблемам плавучих стоянок можно отнести:

- наличие качки;
- соляной туман, и как следствие коррозия металлических конструкций, сокращение срока эксплуатации;
- удары волн;
- вибрация от ветровой нагрузки;
- сдавливание корпуса стоянки льдами;
- обледенение.

Безопасность плавучих стоянок может быть обеспечена комплексом следующих мероприятий:

- проведение учений подразделениями МЧС России на таких объектах;
- применение современных автоматических установок пожаротушения и пожарной сигнализации, систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре; контроль их состояния и плановое обслуживание;

- обучение сотрудников стоянки и водителей действиям по ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- контроль состояния эвакуационных путей и выходов;
- наличие исправных первичных средств пожаротушения;
- ограничение разлива топлива.



*Рисунок – Современная плавучая автостоянка*

Таким образом, проблема обеспечения пожарной безопасности плавучих автостоянок является актуальной. Ее решение предполагает моделирование:

- развития опасных факторов пожара с учетом особенностей планировки, расположения пожарной нагрузки (автомобилей), газообмена, пределов огнестойкости строительных конструкций;
- эвакуации людей;
- действий пожарных подразделений по спасению людей и тушению пожара.

Решение данной проблемы позволит сформулировать конкретные предложения должностным лицам пожарной охраны и администрации, а также, возможно, скорректировать некоторые положения нормативных документов.

#### *Список литературы*

1. Таранцев А.А., Минкин Д.Ю., Дорожкин А.С. Проблемы пожарной безопасности подземных автостоянок // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 1 (33). С.13-18.
2. Обеспеченность легковыми автомобилями в России по федеральным округам / АВТОСТАТ: аналитическое агентство. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/25157/> (дата обращения: 21.09.2016).
3. СП 113.13330.2012 Свод правил. Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99\*. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=19076#0> (дата обращения: 10.10.2016).

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ

*Печурин Александр Алексеевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства

*Марченко Михаил Анатольевич* – кандидат технических наук, начальник кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства

*Брусянин Дмитрий Владимирович* – кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Приведен анализ применения электрогидравлического подъемно-транспортного оборудования для производства работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобильной техники. Приведены расчеты основных элементов конструкций электрогидравлических автомобильных подъемников.

Ключевые слова: подъемно-транспортное оборудование, электрогидравлические подъемники, конструкция.

## THE USE OF LIFTING AND TRANSPORT EQUIPMENT AT MAINTENANCE AND REPAIR

*Pechurin Alexander Al. – PhD of Technical Sciences, Docent Department of Fire, Emergency-Rescue Equipment and Car Economy*

*Marchenko Mikhail An. – PhD of Technical Sciences, Chief Department of Fire, Emergency-Rescue Equipment and Car Economy*

*Brusyanyn Dmitry Vl. – PhD of Technical Sciences, docent Department of Fire, Emergency-Rescue Equipment and Car Economy  
Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

Abstract. The analysis applications electrohydraulic lifting-transport equipment for production work by technical and repair car equipment. Results settlements major elements designs electrohydraulic car lifts.

Keywords: lifting-transport equipment, electrohydraulic lifts, design.

Конструкции современной автомобильной техники, существенные изменения в технологии технического обслуживания и ремонта автомобильной техники определяют необходимость проводимых мероприятий по совершенствованию производства, повышению эффективности работ по техническому обслуживанию и ремонту в организациях, обслуживающих технику.

Производственная база автообслуживающих предприятий значительно улучшается с внедрением новых форм и методов технического обслуживания и ремонта, механизацией и автоматизацией производственных процессов с применением современного высокопроизводительного технологического оборудования и инструмента.

Одним из определяющих и эффективных средств, непосредственно влияющих на организацию и качественное выполнение работ по ТО и ремонту, повышение производительности труда на СТО, является широкое применение подъемно-транспортного оборудования. Необходимость совершенствования и разработки эффективных конст-

рукций данного оборудования обусловлена возможностью значительного повышения производительности труда работ ТО и ремонта, по данным НИИАТа до 25%.

Все более широкое применение на СТОА получают автомобильные подъемники, по сравнению с другими видами подъемно-осмотрового оборудования автомобильные подъемники обладают значительными преимуществами:

- достаточный доступ ко всем агрегатам, узлам и деталям автомобиля;
- повышение производительности труда в результате отсутствия подъемов-спусков (как у осмотровых канав);
- возможность поднятия на любую высоту и установки автомобиля на любом высотном уровне;
- возможность изменять технологический маршрут ТО и ремонта;
- обеспечение эргономических требований современного производства;
- обеспечение высокого уровня санитарно-гигиенических условий труда и мер безопасности производства работ.

Широкое применение в автообслуживающих предприятиях получили стационарные как 2-х стоечные, так и 4-х стоечные подъемники.

Проведенный сравнительный анализ применения конструкций подъемников показывает существенные преимущества электрогидравлических подъемников:

- бесшумность и плавность хода;
- экономия электроэнергии;
- высокая скорость работы на подъем и опускание;
- простота конструкции и технического обслуживания;
- возможность установки на 4-х стоечные подъемники дополнительных осевых подъемных устройств (траверс);
- имеют «чистый пол» и обеспечивают высокий уровень санитарно-гигиенических условий;
- высокая степень безопасности.

Решение при выборе подъемников предусматривает определение:

- грузоподъемности подъемника и устойчивости поднимаемого автомобиля;
- скорости и высоты подъема;
- габаритов обслуживаемых автомобилей;
- технологии применения подъемного оборудования в технологических процессах работ на посту ТО и ремонта.

Исходя из параметров технических характеристик (масса, габариты, доступность к агрегатам и узлам) автомобильной техники наибольшее применение находят 4-х стоечные электрогидравлические подъемники грузоподъемностью от 4 до 6 тонн как отечественного, так и зарубежного (POWERREX SL-6000 и другие модели) производства. Конструкции данных подъемников показывают хорошие эксплуатационные характеристики, ресурс работы их узлов и систем в основном соответствует заявленному организацией - производителем.

Относительно новыми являются конструкции подъемников повышенной грузоподъемности от 12 до 20 тонн как отечественного, так и зарубежного (BendPak и другие модели) производства. Опыт эксплуатации данных подъемников показывает, что пока ресурс работы высоконагруженных узлов их недостаточен – не намного превышает гарантийный срок.

К основным элементам конструкции подъемников данного класса, относятся:

- силовой узел (электродвигатель, гидравлический насос, емкость для масла и пульт управления), который устанавливается на кронштейне к одной из стоек подъемника;
- четыре стойки, две подъемные перекладки, две подъемные платформы;
- гидроцилиндр, расположенный под одной из подъездных платформ;

- система тросов, блоков и шкивов;
- замки безопасности, пневматическая или другая система, управляющая ими.

Появление на рынке широкого диапазона размеров прецизионных труб, фирм-производителей гидронасосов, гидроцилиндров, уплотнений (манжет) для гидравлических систем позволяет поддерживать работоспособность, а при необходимости и проведение модернизации конструкций электрогидравлических подъемников.

Исходными данными для подбора и расчета основных элементов гидравлических подъемников являются [1]:

1. Диаметр гидроцилиндра  $D_u$ , толщина стенок гидроцилиндра  $S$ , рассчитываются по следующим зависимостям:

$$D_u = \sqrt{\frac{F_n \cdot 4 \cdot 2}{p \cdot \eta_{мех} \cdot \pi}},$$

где:  $F_n$  – эффективное движущее усилие

$p$  – номинальное рабочее давление гидроцилиндра МПа,  $p = 15 \dots 21$  МПа

$\eta_{мех}$  – механический КПД гидроцилиндра,  $\eta_{мех} = 0,90 \dots 0,95$ .

$$F_n = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot p \cdot \eta_{мех},$$

$D$  – внутренний диаметр гидроцилиндра;  $d$  – диаметр штока;  $d = 0,3 \dots 0,7D$

Толщина стенок гидроцилиндра  $S$  рассчитывается по следующей зависимости:

$$S = \frac{p \cdot D}{\left( \frac{4}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sigma_s}{n} - p \right) \cdot \varphi} + C,$$

где:  $\sigma_s$  – предел текучести материала, кг/мм<sup>2</sup>, для стали 30ХГС  $\sigma_s = 60$  кг/мм<sup>2</sup>;

$n$  – коэффициент запаса прочности,  $n = 3$ ;

$\varphi$  – коэффициент прочности изготовления цельнотянутой трубы,  $\varphi = 1$ ;

$C$  – прибавка к расчетной толщине стенки, включающая минусовым допуск на толщину стенки, мм  $C = 0,05$ .

2. Гидронасос. Подбор гидронасоса необходимо проводить по расходу рабочей жидкости  $Q$  и рабочему давлению  $p$  в гидроцилиндре.

Расход рабочей жидкости  $Q$  рассчитывается по зависимости:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot \eta_{об}} \cdot V, \text{ м}^3 / \text{с},$$

где:  $\eta_{об}$  – объемный КПД гидроцилиндра,  $\eta_{об} = 0,98$

$V = \frac{S}{t}$ , скорость штока при подъеме платформы;

$S$  – ход штока;  $t$  – время подъема;

3. Троса. Расчет тросов механизма подъема платформы производят по

минимальному диаметру тросов  $d_{min}$  и рассчитывают по зависимости:

$$d_{min} = k \cdot \sqrt{F_s},$$

где:  $F_s$  – статическое натяжение троса,  $F_s = F/n \cdot i \cdot \eta$ ;  $k=0,52$

$F$  – общий вес поднимаемого груза;  $n$  – количество стоек подъемника;

$i$  – передаточное число блоков;  $\eta$  – КПД блоков, составляет при применении подшипников скольжения 0,85...0,90; подшипников качения 0,99.

Динамическое натяжение троса рассчитывается по формуле:

$$F_{s_{dyn}} = \psi_n \cdot F_s;$$

$$\psi_n = 1 + \frac{V}{6 \cdot \sqrt{g \cdot f_{cm}}},$$

где:  $f_{CT} = F \cdot h \cdot 100/n \cdot i \cdot E_s \cdot A_s$ ,

$V$  – скорость подъема платформ;  $E_s$  – модуль упругости троса;

$h$  – высота подъема платформ;  $A_s$  – площадь поперечного сечения каната.

4. Подшипники скольжения. Высокие радиальные нагрузки, низкая скорость вращения шкивов, требования к минимизации размеров узлов определяют применение подшипников скольжения [2].

Расчет подшипников необходимо проводить по параметрам: износостойкости, сопротивлению изнашиваемости и заеданию при перегреве. Оценку износостойкости проводят по среднему давлению  $P$ , которое гарантирует невыдавливаемость смазки и удельной работе  $P \cdot V$ , определяющей тепловой режим (нагрев) и отсутствие заедания подшипника по следующим зависимостям:

Расчет среднего давления выполняется по условию:

$$P = \frac{Rr}{A} \leq [P], \text{ МПа},$$

где:  $Rr$  – радиальная нагрузка на подшипник

$A = d \cdot l$  – площадь проекции опоры вала на диаметральный плоскость

$d$  и  $l$  – диаметр и длина опорного вала, как правило  $l = (0,5 \dots 1,3)d$

Расчет на нагрев выполняется по условию:

$$P \cdot V \leq [PV],$$

где:  $V = \frac{\omega \cdot 2}{2}$  – окружная скорость вращения вала

В конструкциях триботехнических узлов из материалов в основном применяется сталь и бронза. От свойств (твердость, шероховатость поверхности, др.) данных материалов, присутствия смазочного материала в зоне контакта поверхностей прямо зависит ресурс работы трибосопряжения. Допускаемые значения среднего давления  $[P]$ , и удельной работы  $[PV]$  в этих сопряжениях, находятся в пределах:

сталь по бронзе  $[P] = 4 \dots 6$ , МПа;  $[PV] = 4 \dots 6$ , МН·м/м<sup>2</sup>·с  
 сталь закаленная  $[P] = 15 \dots 20$ , МПа;  $[PV] = 8 \dots 12$ , МН·м/м<sup>2</sup>·с  
 сталь по чугуну  $[P] = 2 \dots 4$ , МПа;  $[PV] = 1 \dots 3$ , МН·м/м<sup>2</sup>·с

По проведенным расчетам работа данных трибосопряжений в 4-х стоечных подъемниках повышенной грузоподъемности (от 12 до 20 т) характеризуется высокими

удельными давлениями, превышающими 20 МПа, что обусловлено увеличенной нагрузкой и возникающей циркуляцией мощности по стойкам подъемника. Повышение же ресурса данных узлов в таких условиях является актуальной задачей для электрогидравлических конструкций подъемного оборудования СТОА.

#### *Список литературы*

1. Кузьмин А.В. Справочник по расчетам механизмов подъёмно-транспортных машин. Справочник. Минск. Высш. школа, 1983. 350 с.
2. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение. 1977.

УДК 629.017

### **ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ШУМОИЗОЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

*Шидловский Григорий Леонидович* – кандидат технических наук, заместитель начальника кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения

*Боева Алина Алексеевна* – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Аннотация.* В настоящее время активно идет разработка новых материалов для шумо/виброизоляции в транспортных средствах. В работе представлены продукты импортозамещения материалов от компании «МорНефтеГазСтрой», объединенных под общим запатентованным брендом ИНФЛЕКС™, как одной из широко распространённой отечественной марки. В данной статье рассмотрена возможность применения данных материалов, снижающих риск уничтожения огнем транспортных средств и повышения шумоизоляционных качеств, в транспортных средствах.

*Ключевые слова:* шумо/виброизоляция, транспортное средство, огнезащитное покрытие, теплоизоляционный материал.

### **DOMESTIC APPLICATION OF COATINGS FOR INCREASING FIRE NOISE INSULATION CHARACTERISTICS OF THE VEHICLE**

*Szydłowski Grigoriy L* – candidate of Technical Sciences, Deputy head of the Department of Fire Safety of Buildings and Automated Fire Suppression Systems

*Boeva Alina A.* – adjunct of Faculty Preparation Highly Qualified Personnel  
*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract.* At present, we are actively developing new materials for noise / vibration control in vehicles. The paper presents the products of import materials from the company "MorNefteGazStroy" united under the proprietary brand INFLECTION™, as the one of the widespread domestic brands. This article considers the possibility of using these materials in vehicles that reduce the risk of destruction by fire vehicles and improve noise insulation qualities.

*Keywords: noise / vibration isolation, vehicle, fire protection coating, heat-insulating material.*

В настоящее время обеспечение высокого уровня защиты и шумо/виброизолирующего комфорта в автомобиле – одна из важнейших задач в производстве транспортных средств. Существуют различные материалы и технологии в автомобильной промышленности. На автосборочных конвейерах используются одни технологии, в специализированных центрах и тюнинг-ателье – совсем другие, ведь технологические особенности попросту не позволяют использовать проверенные автопроизводителями особенности шумоизоляционных покрытий.

Традиционным методом послепродажного «обесшумливания» автомобиля до недавних пор считалась оклейка внутренних и некоторых наружных поверхностей шумо/виброизоляционными матами.

Шведские технологи разработали новый шумовиброизолирующий материал Noxudol 3100, что потребовало пересмотреть общепринятые технологии в шумоизоляции автомобиля. Продукт концерна «Auson АВ» существенно расширяет возможности шумоизоляционных мер, обеспечивая, кроме прочего, их доступность и упрощение технологического процесса.

Noxudol 3100 представляет собой эластичную микродисперсную полимерную шумо и виброизоляционную пасту, предотвращающую появление на обрабатываемых поверхностях резонансных колебаний и вибраций диапазона акустического восприятия. После нанесения и высыхания паста преобразовывается в светло-коричневую водостойкую эластичную пленку, обладающую хорошими адгезионными свойствами. Полезными в плане антикоррозийной защиты оказываются входящие в состав пасты ингибиторы коррозии, а также низкая теплопроводность, препятствующая появлению конденсата, что очень важно при эксплуатации транспортного средства [1].

Российская компания ООО «МорНефтеГазСтрой» разработала и предложила использовать огнезащитное ИНФЛЕКС™ ФО (ФВ) и теплоизоляционное покрытие ИНФЛЕКС™ АСЕ (НТ).

В случае возгорания автомобиля огнезащитное покрытие ИНФЛЕКС™ ФО (ФВ) вспучиваются, и образует пористый карбонизированный пенообразный слой, который имеет низкую теплопроводность и защищает конструкции от перегрева.

Преимуществами этого покрытия являются: простое нанесение толщиной до 800 мкм за один слой, минимальный срок межслойной сушки, высокая адгезия, высокая вибростойкость, низкое влагопоглощение, не имеет запаха при нанесении, экологически безопасный материал, пожаробезопасность в процессе нанесения, эксплуатации и хранения, возможность транспортировки в сухом виде, экономичный расход продукта.

Теплоизоляционные материалы ИНФЛЕКС™ изготавливаются из синтетического каучука с последующим его вспениванием. Обладает гибкостью, легко монтируется на труднодоступные места и сложные поверхности. Не требует дополнительных креплений, можно применять для повторного монтажа, а также проводить ремонт без уничтожения теплоизоляционного покрытия, полностью изолируют всю тепловую систему, создавая герметичность, что позволяет предотвратить все потери энергии, включая потери со сложных поверхностей объекта.

Стойкость к влаге позволяет использовать теплоизоляционные материалы ИНФЛЕКС™ в любых условиях, обладает сроком эксплуатации 20 лет, что подтверждено испытаниями ОАО «ТЕПЛОПРОЕКТ». Поскольку ИНФЛЕКС™ не вступает в реакцию с водой, не образуется кислотная среда и, как следствие, не происходит коррозии труб под материалом, что делает его практичным в климатических условиях на территории Российской Федерации [2].

На данный момент осуществляется разработка и внедрение новых отечественных огнезащитных материалов, которые по своим характеристикам не уступают рассмотренным выше материалам.

Разработка отечественных материалов позволит отказаться от использования импортных аналогов, уменьшить стоимость шумо/виброизолирующих покрытий и в целом повысит конкурентоспособность российских производителей на рынке.

#### *Список литературы*

1. Буцкого Ю. Три вида защиты // Журнал «АБС-авто. март 2013 (<http://www.mercasol.ru/statyi/2013.html>)
2. Официальный сайт компании ООО «МорНефтеГазСтрой» <http://мнгс.пф/infleks.html>

УДК 62-74

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ОСНОВНЫХ АГРЕГАТОВ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

*Бардулин Евгений Николаевич – кандидат экономических наук, профессор, начальник кафедры управления и интегрированных маркетинговых коммуникаций*

*Марченко Михаил Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры пожарной аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства*

*Приймак Виктор Владимирович – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Аннотация.* Рассмотрены основные проблемы, возникающие при эксплуатации пожарных автомобилей в условиях низких температур, а также приводится статистика по наиболее часто возникающим отказам агрегатов при их эксплуатации.

*Ключевые слова:* пожарный автомобиль, температура, эксплуатация, отказ, силовая установка.

## **FACTORS AFFECTING THE PERFORMANCE OF THE BASIC UNITS OF FIRE TRUCKS THAT APPEAR WHEN OPERATING AT LOW TEMPERATURES**

*Bardulin Evgeniy N. – Candidate of Economic Sciences, Professor Chair Management and Integrated Marketing Communications*

*Marchenko Mihail A. – Candidate of technical sciences, Assistant Professor Chair Fire Rescue Equipment and Automotive Sector*

*Priymak Victor V. – adjunct Faculty Preparation Highly Qualified Personnel Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract.* Describes the main problems in the operation of fire trucks at low temperatures, and also provides statistics on the most common failures in their operation units.

*Keywords:* fire track, temperature, exploitation, renouncement, engine.

В порядке реализации закона «О пожарной безопасности», решений участников в совместных научно-практических конференциях и совещаний производителей пожарной техники, в начале 2000 года была разработана и учреждена «Концепция развития и производства пожарных автомобилей в Российской Федерации», а в конце 2002 года приказом МЧС России № 624 от 31.12.2002 года была утверждена «Концепция совершенствования пожарных автомобилей и их технической эксплуатации в системе Государственной противопожарной службы (далее ГПС) МЧС России» [1].

Целью концепции является совершенствование пожарных автомобилей и их грамотная техническая эксплуатация в системе ГПС МЧС России, а также разработка мер по совершенствованию процессов проектирования и производства пожарной техники предприятиями Российской Федерации и организации их технической эксплуатации в подразделениях ГПС [2].

Наиболее суровым испытанием для любой пожарной автомобильной техники являются её работа при низких температурах. Низкие температуры воздуха и связанное с ними охлаждение агрегатов и горюче-смазочных материалов затрудняют пуск двигателей, уменьшают надежность пожарных автомобилей, увеличивает расход топлива и усложняют обслуживание автомобилей в целом.

Исходя из анализа всех отказов пожарной техники, их наибольшее количество приходится на пожарный автомобиль (42,6%) и напорную линию (37,2%). Это одна из причин, по которой пожары в зимний период времени достигают крупных размеров. Более детальному анализу были подвержены элементы конструкции пожарных автомобилей, подверженных низким температурам воздуха. Установлено, что значительное количество отказов (69,6%) приходится на насосную установку автомобиля; 17,4% отказов связано с замерзанием вентилей, клапанов и задвижек водопенных коммуникаций; 4,3% – с замерзанием вакуумной системы насоса и 8,7% – с нарушением теплового режима двигателя (силовой установки) пожарного автомобиля вследствие воздействия низких температур (рис. 1) [3].

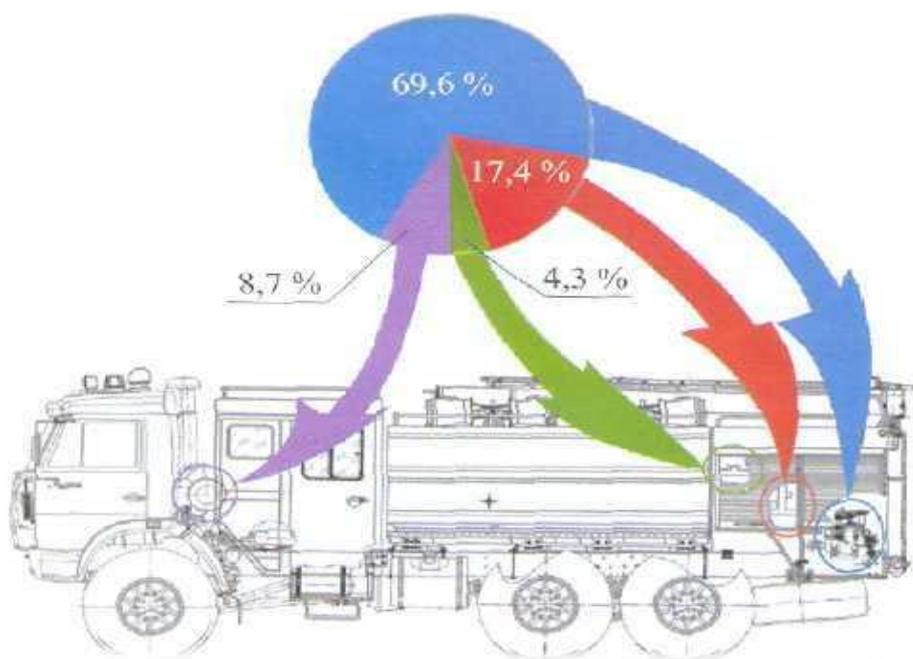


Рисунок 1 – Распределение отказов узлов и элементов пожарной автоцистерны при воздействии низких температур

Практически все эксплуатируемые в настоящее время пожарные автомобили имеют умеренное климатическое исполнение (У), что позволяет использовать автомобиль для целей пожаротушения при температурах до  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Насосно-рукавная система в этом случае не имеет какой-либо защиты от замерзшей воды [4].

Затруднение пуска двигателей возникает из-за сложности создания пусковой частоты вращения коленчатого вала, ухудшения условий смесеобразования и самого воспламенения готовой горючей смеси. К положительным составляющим энергетического баланса двигателя при пуске относится энергия аккумуляторной батареи и химическая энергия топлива. Энергия аккумуляторной батареи расходуется на привод стартера. В свою очередь энергетические возможности стартера реализуются в двигателе по трем главным направлениям: на сжатие воздуха, на преодоление сил трения и на преодоление сил инерции. Отрицательную часть потока энергии аккумуляторной батареи и стартера составляет теплота, которая уходит безвозвратно в окружающую среду. Эти потери тем больше, чем больше перепад температур между аккумулятором (стартером) и окружающей средой. Также необходимо помнить, что при низких температурах масло в двигателе становится более вязким, что способствует затруднению пуска.

Затраты на сжатие воздуха связаны главным образом с увеличением внутренней энергии рабочего тела и температурой воздуха. В свою очередь, полученная таким образом, энергия проявляется в теплоте сгорания [5].

Износы гильз цилиндров и поршневых колец зависят не только от скоростных нагрузочных режимов двигателя, но и от температурного режима двигателя, а также наличия в воздухе пыли (абразива) и влаги. При высоких температурах охлаждающей жидкости износ гильз цилиндров увеличивается вследствие уменьшения вязкости масла. С понижением температуры вязкость масла увеличивается, но одновременно с этим увеличивается в 4 – 5 раза износ трущихся деталей. Это обусловлено коррозионными процессами вследствие конденсации продуктов сгорания. В их состав входят окислы серы, образующиеся из сернистых соединений, содержащихся в топливе. Они с влагой образуют кислоты, которые особенно активно проявляют себя в дизелях. При  $t > 90^{\circ}\text{C}$  износ увеличивается вследствие уменьшения вязкости масла.

По высоте гильзы цилиндров износ различается. Наибольший износ имеет место в зоне верхней и нижней мертвых точек. Вследствие износа гильз цилиндров и особенно поршневых колец увеличиваются зазоры в их стыках. изнашиваются и канавки поршневых колец. Из-за этого в такте сжатия часть воздушного заряда утекает в картер. Поэтому уменьшается давление в конце такта сжатия и понижается температура сжимаемого заряда воздуха, что приводит к затрудненному пуску двигателя [6].

После воспламенения топлива в такте рабочего хода часть газов проходит в картер двигателя, не совершая работы. Вследствие этого снижается мощность, развиваемая двигателем.

Положительной составляющей энергобаланса двигателя при пуске является химическая энергия топлива. Теплота сгорания топлива, полученная в результате суммирования энергии аккумуляторной батареи, энергии, реализуемой в работе сжатого воздуха, и химической энергии топлива, в свою очередь влияет на другие составляющие энергетического баланса двигателя при его пуске при низких температурах. Естественно, что в этом случае имеют место значительные потери энергии в окружающую среду. Эти потери тем больше, чем больше перепад температур между двигателем и окружающей средой, т.е. чем больше потери энергии, тем ниже температура окружающей среды.

Суммарная энергия, полученная от указанных выше источников, несколько превышает температуру масла и расходуется на снижение потерь при трении.

Значительную роль в затруднении пуска играет ухудшение условий смесеобразования и воспламенения рабочей смеси. Всего существует пять основных факторов, влияющих на условия образования горючей смеси:

- температура всасываемого воздуха;
- температура охлаждающей воды;
- температура масла;
- температура топлива;
- температура электролита.

Снижение температуры всасываемого воздуха приводит к снижению температуры стенок цилиндров и температуры воздуха в конце такта сжатия. Например, для надежности воспламенения рабочей смеси в цилиндре дизельного двигателя температура в конце процесса сжатия должна быть выше температуры самовоспламенения топлива на 200-300К [7].

Для эксплуатации двигателя в холодных климатических условиях необходимо применять маловязкие масла, так как вязкость масла при понижении температуры возрастает, причем она может оказаться настолько большой, что нормальное давление, развиваемое насосом, окажется недостаточным для прокачки масла. На маловязком масле легче повернуть двигатель и меньше затрачивается энергия при его запуске. Это одно из преимуществ маловязких масел перед высоковязкими в зимнее время. Другим преимуществом является то, что при эксплуатации двигателя на таком масле повышается надежность работы двигателя и уменьшается его износ. Следует отметить, что при использовании маловязких масел снижается давление в системе смазки [8].

Также следует обращать внимание на используемую марку трансмиссионного масла. При низких температурах наличие гидравлического сопротивления в картерах агрегатов трансмиссии снижает эффективные показатели двигателя, причем, чем больше вязкость и количество трансмиссионного масла, тем ниже эффективные показатели тактико-технических характеристик двигателя (далее ТТХ) [9].

Особое внимание заслуживает работа дизельного двигателя. Высокая вязкость дизельного топлива при низких температурах ухудшает его распыление. При снижении температуры дизельного топлива с +20 до -20С вязкость дизельного топлива увеличивается до 10 раз. При этом топливо попадает в цилиндры в виде крупных капель с малой относительной поверхностью, что затрудняет его воспламенение [6].

Работы по исследованию влияния низких температур на интенсивность изнашивания автомобилей и их агрегатов ведутся и по сей день, несмотря на постоянное развитие и растущий технологический прогресс. В большинстве случаев износ холодных двигателей в процессе пуска составляет 50-70% от общих эксплуатационных износов. Изменение интенсивности изнашивания, естественно, влияет на показатели надежности, а ее снижение вызывается рядом причин. В свою очередь, эти причины приводят к увеличению частоты пусковых отказов, снижению долговечности элементов машин, ухудшению ремонтпригодности.

Увеличение расхода топлива объясняется:

- повышением сопротивления в агрегатах трансмиссии из-за замерзания смазки;
- неполнотой сгорания топлива, связанной с ухудшением испарения и распыления топлива;
- дополнительный расход топлива на прогрев двигателя [5].

Одним из простых и наименее трудозатратных способов повышения эксплуатационных свойств топлива и снижения его расхода является электрофизическая обработка горючего, которая происходит при пропускании рабочей жидкости через магнитное поле при одновременном наложении высокочастотного электромагнитного поля с частотой, равной частоте прецессии (явление, при котором момент импульса тела меняет своё направление в пространстве под действием момента внешней силы) протонов

в данном магнитном поле. Авторами в результате исследовательских работ установлено, что электрофизическая обработка дизельного топлива уменьшает часовой и удельный расход топлива на 2...4 % на всех частотах вращения коленчатого вала, при этом наибольший эффект наблюдался в режиме холостого хода (часовой расход топлива уменьшился на 8...12 %) [10,11].

Рядом исследователей доказано, что при обработке топлива электрическим полем на его капли, кроме молекулярных сил, которые определяют их прочность, действуют аэродинамические и электрические силы, направленные в противоположную сторону. Снижение поверхностного натяжения капли приводит к более тонкой распыленности жидкости, улучшению сгорания и, как следствие, понижению токсичности отработанных газов.

Также проводились работы по усовершенствованию методов обработки горюче-смазочных материалов электрическим полем, который позволяет в несколько раз повысить противоизносные свойства масел [12-15]. На основе проведенных опытов было установлено, что с увеличением напряженности электрического поля снижается коэффициент трения скольжения. Это можно объяснить увеличением подвижности частей молекул, вызванное раздроблением крупных молекул смазочных жидкостей с помощью воздействовавшего электромагнитного поля. Однако, поскольку данное изучение темы включает в себя различные факторы, которые могут по-разному воздействовать на процесс электромагнитной обработки горюче-смазочных материалов, проблема влияния электрофизической обработки горюче-смазочных на формирование износостойкости пар трения топливных систем остается до сих пор изученным не полностью.

Но накопленные знания по этому направлению и проведенные опыты позволили установить, что электромагнитная обработка приводит к резкому изменению поверхностного натяжения масла и топлива, причем это изменение находится в периодической зависимости от напряженности электромагнитного поля. Следует отметить, что при более длительном воздействии на горюче-смазочные материалы (от 30 минут до 1 часа), эффект намагничивания сохраняется до суток. Все это позволяет при низких температурах снизить расход потребляемого горючего, уменьшить износ двигателя и снизить выброс  $\text{CO}_2$  в окружающую среду.

Трудности забора воды также доставляют определенные трудности. Если при постановке АЦ в боевой расчет после тушения пожара не были полностью удалены остатки воды в вакуумном кране и трубке, соединяющей его с газоструйным вакуумным аппаратом, то при следовании на пожар уже через 5-8 мин образуются ледяные пробки. Вакуумная система не обеспечит забор воды. Для предотвращения этого отказа необходимо при возвращении в пожарную часть после тушения пожара, слив воду из насоса, на 3-5 сек. включить газоструйный вакуумный кран. При этом сконденсировавшаяся влага в трубопроводе будет удалена.

Наиболее тяжелые условия подачи воды возникают при её заборе из естественных водоисточников. Поступая во всасывающую линию, поток движущейся воды подвергается интенсивному охлаждению. Оно оценивается снижением температуры воды на 100 м напорной линии.

Технические характеристики пожарного оборудования и шасси пожарных автомобилей изменяются в процессе эксплуатации, поэтому становится важной задачей так организовать обслуживание пожарных автомобилей, чтобы изменение их технических характеристик было минимальным. Начальствующий состав должен организовать не только правильное содержание, но и качественное обслуживание пожарных автомобилей при минимальных финансовых и технических вложениях. Грамотное и бережное использование пожарной техники, организация её защиты от неблагоприятных факторов окружающей среды гарантирует выезд дежурного караула по сигналу тревоги в течение 50 секунд и меньше.

### Список литературы

1. Приказ МЧС России № 624 от 31.12.2002 г. "Концепция развития пожарных автоцистерн".
2. Приказ МЧС России № 555 от 18.09.2012 г. "Об организации материально-технического обеспечения системы МЧС РФ по делам ГО, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий".
3. Алешков М.В. Особенности тушения крупных пожаров на территории Российской Федерации при внешнем воздействии опасных природных явлений // Научно-технический журнал "Пожаровзрывобезопасность". 2013. № 5. С. 59-63.
4. Алешков М.В. От концепции создания до разработки основного пожарного автомобиля северного исполнения // Пожарная безопасность. 2012.
5. Преснов А.И., Мироньчев А.В., Алибеков А.А. Современное пожарно-спасательное оборудование, Санкт-Петербург. 2013.
6. Безбородько М.Д. Пожарная техника: Учебник/под редакцией Безбородько.- М.: Академия ГПС МЧС России. 2004. 550 с.
7. Бурячко В.Р., Гук А.В. Автомобильные двигатели: рабочие циклы. Показатели и характеристики. Методы повышения эффективности энергопреобразования. Санкт-Петербург. НИИКЦ. 2005.
8. Папок К.К. Смазочные масла (издание 2-е, переработанное и дополненное), военное издательство министерства обороны СССР. Москва. 1962.
9. Стуканов В.А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля. Учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФА-М. 2007.
10. Пат.72848. Україна. F02M 27/00, F02M 27/04 (2006.01). Спосіб обробки палива /Андрієвський А.П., Матвеева О.Л., Нечосов В.В.; заявники і власники Андрієвський А.П., Матвеева О.Л., Нечосов В.В. № u2012 03103; заявл. 16.03.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл. № 16.
11. Пат.72858 Україна. B01D 36/00, F02M 27/04 (2006.01). Фільтр-активатор палива /Андрієвський А.П., Матвеева О.Л., Нечосов В.В.; заявники і власники Андрієвський А.П., Матвеева О.Л., Нечосов В.В. № u2012 03245; заявл. 19.03.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл. №16.
12. Морозов В.И., Белоконь Я.Е., Окоча А.И. Влияние электрофизического воздействия на эксплуатационные свойства дизельного топлива // Исследования процессов подготовки, применения и контроля качества авиаГСМ и спецжидкостей. 1992. № 5. С. 94-98.
13. Матвеева Е.Л., Трофимов И.Л., Свирид М.Н. Влияние электромагнитной обработки топлив на формирование износостойкости пар трения // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. № 62.
14. Трофімов І.Л. Підвищення триботехнічних властивостей палив і олів електричним полем // Вопросы химии и химической технологии. 2010. № 3. С. 132-137.
15. Trofimov I.L. Zakharchuk N.N. Study of antiwear properties of jet fuel treated with electric field // Systems and means of motor transport (selected problems), by Politechnika Rzeszowska. – Rzeszow. Poland. P. 295-301.

## ЧАСТОТНАЯ ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПУАССОНА

*Моторыгин Юрий Дмитриевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Смирнов Алексей Сергеевич – доктор технических наук, профессор, Первый заместитель начальника*

*Уманец Дмитрий Михайлович – заместитель начальника управления международного взаимодействия*

*Национальный центр управления в кризисных ситуациях МЧС России*

*Аннотация. На основе анализа статистических данных выявляется частота гибели людей при пожарах на автотранспорте. В качестве управляющего параметра при оценке пожарного риска использован фактор риска, представляющий собой отношение количества погибших при пожарах различных категорий автотранспорта к количеству пожаров соответствующих категорий автотранспорта. Распределение вероятности гибели при пожарах автотранспорта в РФ за 2007-2014 годы рассмотрено с использованием функции Пуассона.*

*Ключевые слова: пожарный риск, вероятностный метод анализа риска, распределение Пуассона.*

## FREQUENCY ASSESSMENT OF FIRE DANGER OF VEHICLES ON THE BASIS OF POISSON DISTRIBUTION

*Motorygin Uryi D. – Dr. Tech. Sci., Professor, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Smirnov Alexey S. – Dr. Tech. Sci., Professor, First Deputy Chief*

*Umanets Dmitry M. – Deputy head of international cooperation department*

*National Crisis Management Center of EMERCOM of Russia*

*Abstract. The people death frequency at the fires on motor transport on the basis of the of statistical data analysis is shown in the article. As the operating parameter at an assessment of fire risk the risk factor representing failure the relation of amount of various categories of motor transport which were lost at the fires to the number of fires of the corresponding categories of motor transport is used. Distribution of probability of death at the fires on motor transport in the Russian Federation for 2007-2014 is considered with use of Poisson function.*

*Keywords: fire risk, probability method of risk analysis, Poisson distribution.*

В процедуре количественной оценки пожарного риска ключевым этапом является оценка вероятностей событий [1]. Вероятностный метод анализа риска предполагает как оценку вероятности возникновения аварии, так и расчет относительных вероятностей того или иного пути развития процессов. Оценка вероятности может быть получена на основе одного из трех подходов [4]:

- 1) прямая оценка на основе обработки статистических данных;
- 2) анализ модели, устанавливающей взаимосвязь вероятности рассматриваемых событий с другими вероятностями;

3) технический и/или научный анализ, базирующийся на экспертных оценках.

В рамках технократической концепции анализа риска после идентификации опасностей (выявления принципиально возможных рисков) необходимо оценить их уровень и последствия, к которым они могут привести, т.е. вероятность соответствующих событий и связанный с ними потенциальный ущерб. Для этого используют методы оценки риска, которые в общем случае делятся на феноменологические, детерминистские и вероятностные [5,6].

Пожары на транспорте часто приводят к большим человеческим жертвам и существенному материальному ущербу. В целом количество пожаров на транспорте составляет не менее 10 % от общего числа пожаров в стране, а количество погибших при этом составляет величину от 1 до 1,5 %. Основные показатели, характеризующие обстановку с пожарами авто и мототранспортных средств в Российской Федерации за 2007-2014 гг. приводятся на рисунках 1, 2.

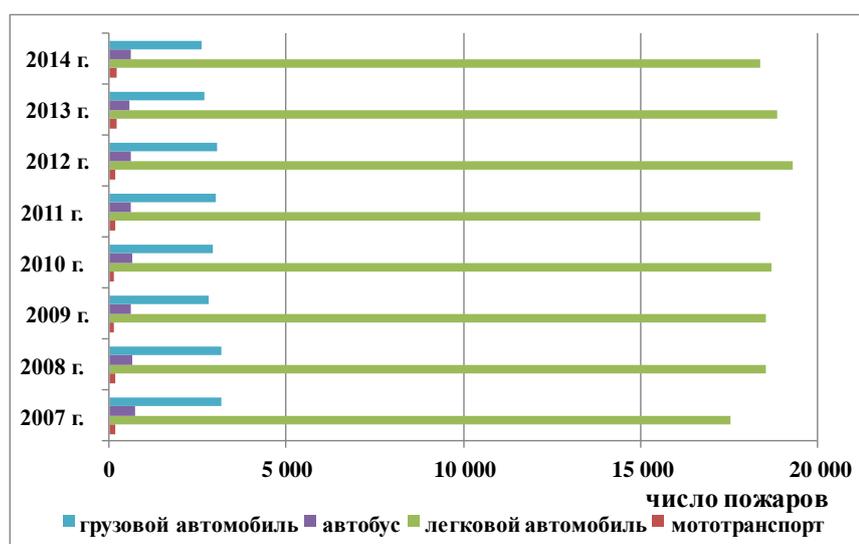


Рисунок 1 – Общее число пожаров авто и мототранспортных средств в Российской Федерации за 2007-2014 гг.

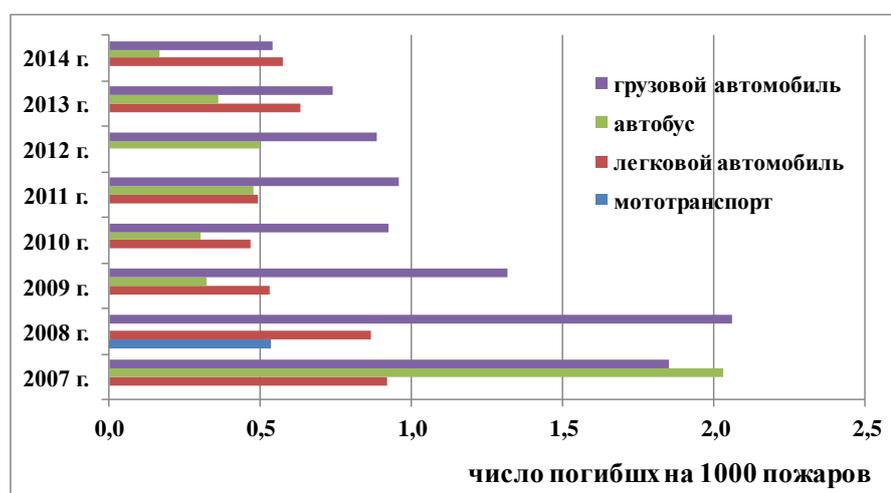


Рисунок 2 – Относительное количество погибших при пожарах авто и мототранспортных средств в Российской Федерации за 2007-2014 гг.

Абсолютные показатели не всегда способны давать объективное представление об истинном состоянии проблемы. Например, статистические данные среди всех транспортных средств, как по количеству пожаров, так и по числу погибших и пострадавших уверенно ставят на первое место легковые автомобили.

Однако очевидно, что это не связано с их особой пожарной опасностью. Данное обстоятельство объясняется очень большим парком легковых автомобилей в стране. По числу погибших на пожарах, отнесенному к количеству пожаров соответствующего транспортного средства, легковые автомобили заметно уступают грузовому автотранспорту.

Изучение статистических данных позволяет выявить частоту возникновения для каждого класса событий. Это может быть число событий за определенный период времени, деленный на длительность этого периода, имеющий единицу измерения время<sup>-1</sup>.

В работе [7] предложена методика расчета пожарного риска посредством логистической регрессии. В качестве управляющих параметров регрессии предлагается использовать фактор пожарного риска, представляющий собой отношение количества погибших (пострадавших) при пожарах различных категорий автотранспорта к количеству пожаров соответствующих категорий автотранспорта. Можно также использовать отношение количества пострадавших, величину прямого материального ущерба при различных ЧС к количеству ЧС соответствующих категорий. Мера этого показателя – чел./событие, млн. руб./событие [7].

$$t = \frac{n}{N_{\text{чс}}} \quad [\text{чел./1 пожар}] \quad (1)$$

где  $t$  – частотный показатель гибели при ЧС различных категорий,  
 $n$  – количество погибших при ЧС соответствующих категорий,  
 $N_{\text{чс}}$  – количество ЧС соответствующих категорий.

Частота возникновения может рассматриваться как мера «вероятности» возникновения события. Необходимо отметить, что вводимый таким способом показатель не является вероятностью в точном, математическом смысле этого слова. В соответствие с принятой в математической статистике терминологией число событий (которое берется из статистических данных) – это выборка, отношение числа событий к длительности периода наблюдения – статистика, являющаяся, очевидно, несмещенной и состоятельной оценкой частоты возникновения событий. Можно считать распределение случайной величины  $t$  пуассоновским.

Распределение Пуассона описывается формулой:

$$P(X) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{X!} \quad (2)$$

где  $P(X)$  – вероятность  $X$  успешных испытаний,  
 $\lambda$  – ожидаемое количество успехов,  
 $X$  – количество успехов в единицу времени.

На рисунке 3 показано распределение вероятности гибели при пожарах автотранспорта в РФ за 2007-2014 годы. Данное распределение хорошо описывается сигмоидальной функцией Больцмана. Сдвиг функции в сторону больших значений характеризует ухудшение обстановки. Можно установить, что после 2009 года ситуация с гибелью людей при пожарах автотранспорта улучшилась. Однако после 2011 года происходит постепенное ухудшение данной ситуации.

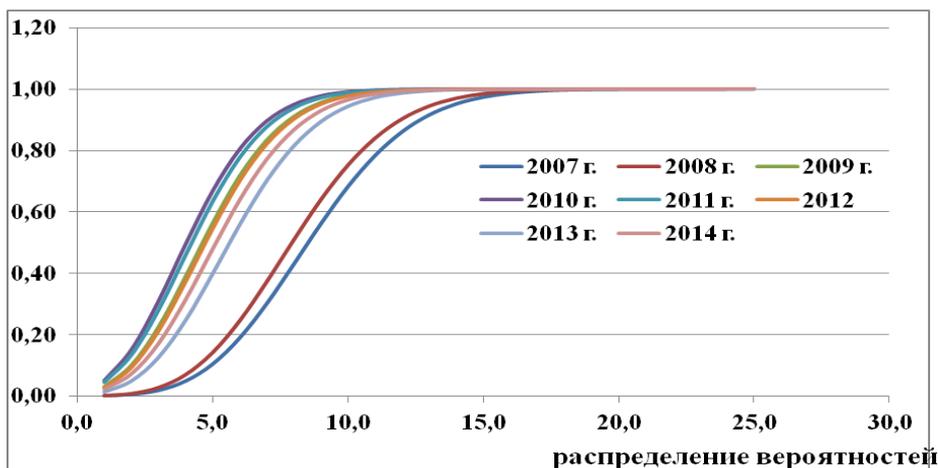


Рисунок 3 – Функция распределения вероятности гибели при пожарах легкового автотранспорта в Российской Федерации в 2007 – 2014 годах

Сравнение вероятности гибели людей при пожарах различных категорий автотранспорта в 2014 году (рис. 4) показывает, что наиболее сложная ситуация сложилась для грузовых и легковых автомобилей. Автобусы с точки зрения возможности гибели при пожарах являются менее опасным видом автотранспорта.

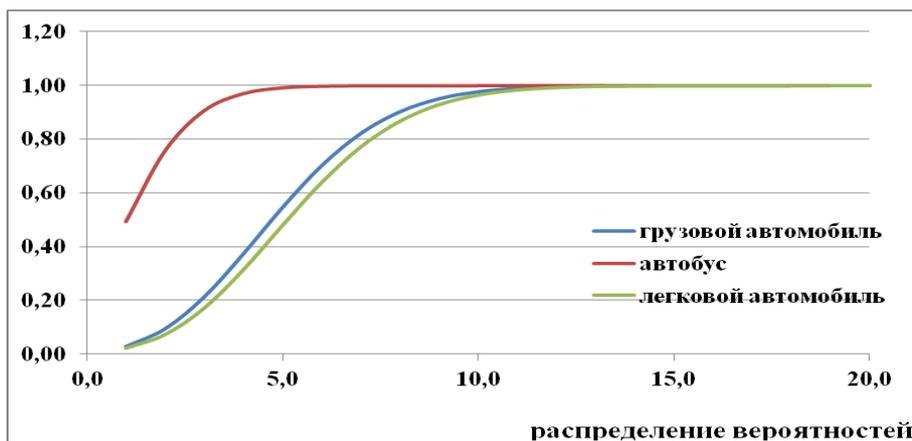


Рисунок 4 – Распределение вероятности гибели при пожарах различных категорий автотранспорта в Российской Федерации в 2014 году

Статистика позволяет местным властям обоснованно прогнозировать тенденции; например, рассчитывать нужное число спасателей. Такие предсказания, однако, основаны на предположении, что обстоятельства, имевшие место в прошлом, сохранятся и в будущем времени. В случае если обстоятельства изменятся, должны измениться и исходные предпосылки для прогнозов.

#### Список литературы

1. ГОСТ Р 51901.10-2009 Менеджмент риска. Процедуры управления пожарным риском на предприятии.
2. Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Приказ МЧС от 30.06.2009 г. № 382.
3. Методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. Приказ МЧС от 10.07.2009 г. № 404.

4. ГОСТ Р 51901.10-2009 Менеджмент риска. Процедуры управления пожарным риском на предприятии.
5. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. М.: Деловой экспресс. 2004. 352 с.
6. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Словарь терминов и определений. – М.: МГФ «Знание». 1999. 368 с.
7. Архипов М.И., Косенко Д.В., Галишев М.А., Моторыгин Ю.Д. Методика расчета пожарных рисков на транспорте. [Электронный ресурс] // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». 2014. № 3.

УДК 78.21.53

## **ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА СОПРЯЖЕНИЯ АВТОДОРОЖНОГО РАЗБОРНОГО И НАПЛАВНОГО УЧАСТКОВ КОМБИНИРОВАННОГО МОСТА**

*Аксёнкин Виталий Иванович – кандидат военных наук*

*Ручкин Антон Александрович – адъюнкт*

*Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала  
армии А.В. Хрулева, г. Санкт-Петербург*

*Аннотация.* Представлены наиболее существенные особенности, которые следует учитывать при планировании строительства комбинированных мостов, устраиваемых из комплектов автодорожных разборных и наплавных мостов.

*Ключевые слова:* комбинированный мост, автодорожный разборный мост, наплавной мост, створ моста, водная преграда, плавучая опора, участок моста.

## **FEATURES OF THE DEVICE PAIRING ROAD PORTABLE AND FLOATING PLOTS OF COMBINED BRIDGE**

*Aksyonkin Vitaly I. – PhD in Military Science*

*Ruchkin Anton A. – graduate student*

*Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev,  
Saint-Petersburg*

*Abstract.* The article presents the most essential features that should be considered when planning the construction of composite bridges, arranged with the use of sets of road collapsible bridge and a pontoon-bridge parks.

*Keywords:* combo bridge, road collapsible bridge, floating bridge, floating bridge, a shot of the bridge, water barrier, floating support, bridge portion.

Участившиеся случаи техногенных катастроф, связанных с природными катаклизмами, в последнее время приводят к разрушению и выводу из строя мостов (г. Велиж, Смоленская обл. – ноябрь 2014 г. и мост через реку Литовка, г. Новолитовск – февраль 2016 г.) [1,2].

Имеющиеся в наличии мостовые конструкции не всегда в полной мере обеспечивают возможность сборки моста из одного комплекта. В этих случаях восстановление моста через водную преграду возможно с использованием различных типов мостов и сборке комбинированных мостов.

Строительство комбинированного моста требует особой тщательности проведения инженерных изысканий местности и участка водной преграды. По результатам разведки оборудуются 2-3 створа предлагаемого района сборки комбинированного моста. По каждому створу представляются наиболее полные характеристики реки, где уточняются: ее ширина; скорость течения; характеристика берегов, рельефа дна и грунтов, возможная протяженность участка моста на жестких опорах, места заготовки конструкций и пути их подвоза. По результатам анализа состояния исходного и противоположного берегов определяются наиболее крутой и наиболее пологий из них. Это позволяет первоначально наметить варианты размещения сборочной площадки для строительства участка моста на жестких опорах, которые в последующем следует уточнить. Участок для строительства моста на жестких опорах в намечаемом створе выбирается с возможно меньшей глубиной реки. Высота проезжей части высоководного участка моста зависит от высоты сборочной площадки по отношению к отметке уреза воды.

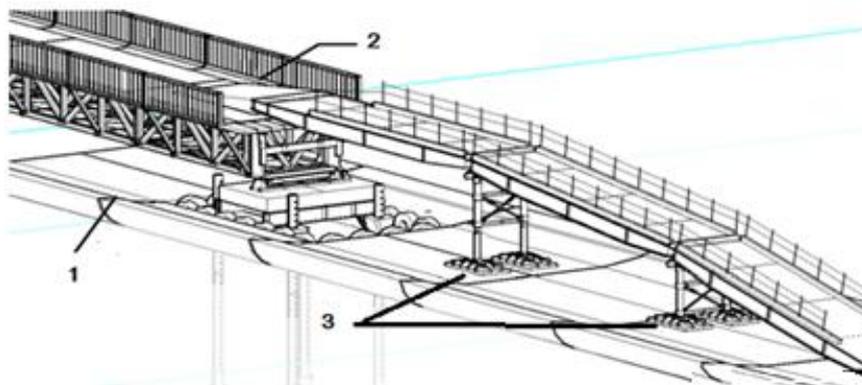
Проведенные расчеты показали, что целесообразно выбирать створ реки с высотой исходного либо противоположного берега до трех метров. Этим обеспечивается устройство сопряжения (переходного участка) с наименьшими затратами сил и средств, поскольку длина переходного участка комбинированного моста, с учетом требуемого продольного уклона мостового полотна, будет составлять не более 40 метров.

Расчет длины переходного участка в зависимости от разницы отметок проезжей части моста на жестких опорах, палубы речного звена понтонно-мостового парка и отметок уреза воды, осуществляется по известным зависимостям [3,4].

В случае большой разницы отметок исходного берега и уреза воды целесообразно рассмотреть другие варианты строительства моста.

Крайнее звено плавучей опоры (ближнее к участку моста на жестких опорах) должно обеспечивать устойчивость пролетного строения опирающегося на плавучую опору. Для обеспечения устойчивости плавучей опоры возможно увеличение её площади присоединением к крайнему речному звену опоры собранных лент из речных звеньев понтонно-мостового парка. В пристыковываемой конструкции вместо цельного речного звена используются предварительно отсоединенные понтоны обтекатели, а затем осуществляется стыковка с цельным речным звеном, который будет находится под мостовым габаритом высоководного участка моста.

Плавучая опора увеличенной площади контурного типа в сопряжении комбинированного моста представлена на рисунке 1.



*Рисунок 1 – Плавучая опора увеличенной площади контурного типа в сопряжении комбинированного моста, 1 – плавучая опора увеличенной площади контурного типа, 2 – участок высоководного моста, 3 – опоры переходного участка*

Для устройства сопряжения комбинированного моста, также возможно применение плавучей опоры увеличенной площади в сопряжении комбинированного моста (вариант 2) который показан на рисунке 2.

Наличие таких опор позволит обеспечить большую остойчивость переходного участка, при различных скоростях течения реки и изменяющихся продольных и поперечных нагрузках.

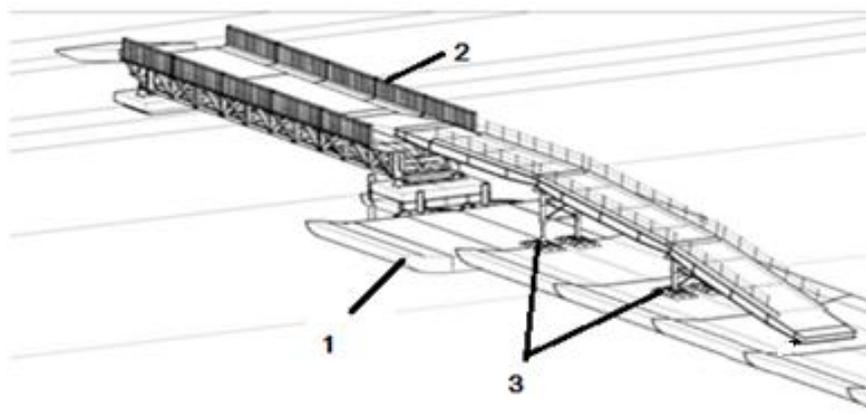


Рисунок 2 – Плавучая опора увеличенной площади в сопряжении комбинированного моста (вариант 2), 1 – плавучая опора, 2 – участок высоководного моста, 3 – опоры переходного участка

Для распределения нагрузок с концевой секции переходного участка сопряжения на плавучую опору предлагается использовать блок сопряжения, конструкция которого представлена на рисунке 3.

Блок сопряжения представляет собой сварную пустотелую конструкцию коробчатого сечения клиновидной (треугольной) формы и состоит из восьми продольных, двух поперечных балок двутаврового сечения и торцевых листов, объединенных в жесткую раму, закрытую сверху и снизу стальными листами толщиной 6 мм.

При установке блока сопряжения на палубу речного звена наплавного моста под основание целесообразно подкладывать деревянный настил для защиты от истирания наплавных звеньев.

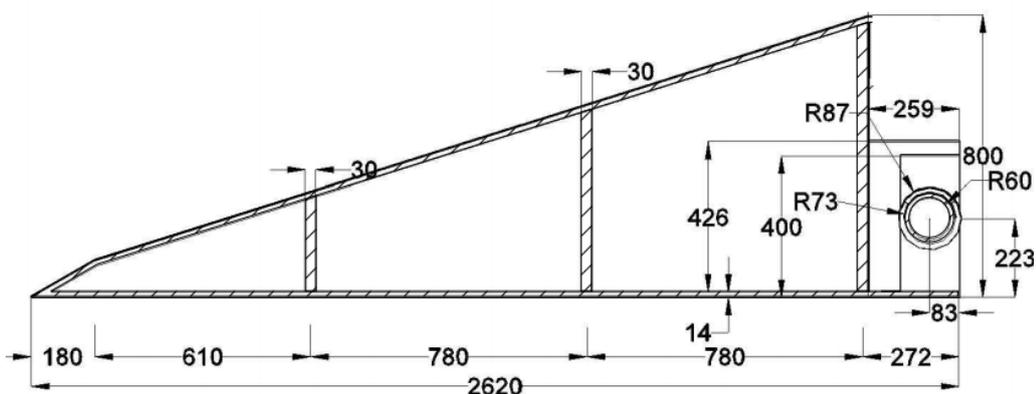


Рисунок 3 – Блок сопряжения

В торцевой части стыковая опора имеет вырез, в который входят цапфы блока пролетного строения из состава группы съездов САРМ устанавливающиеся на ригель

стыковой опоры для крепления блока пролетного строения, что обеспечивает их шарнирное соединение.

Использование предлагаемого устройства в конструкции узла сопряжения пролетного строения переходного и наплавного участков комбинированного моста представлены на рисунке 4.



Рисунок 4 – Блок сопряжения в рабочем положении

Применением блока сопряжения обеспечивается необходимая горизонтальная жесткость переходного участка в месте стыковки пролетного строения группы съездов высоководного моста и палубой наплавного моста.

Учет изложенных особенностей автодорожных комбинированных мостов позволит исполнителям работ принимать обоснованные решения на их устройство и последующую эксплуатацию.

#### Список литературы

1. [www.vesti.ru](http://www.vesti.ru)
2. [www.vostokmedia.ru](http://www.vostokmedia.ru)
3. Технические условия проектирования военных автодорожных мостов и переправ (ТУВАМ). М.: Воениздат. 1974.
4. Телов В.И., Кануков И.М. Наплавные мосты, паромные и ледяные переправы. М.: Транспорт. 1978.

УДК 623:658.7

## ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ДОСТАВКИ БОЕПРИПАСОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

*Иванов Сергей Михайлович – кандидат военных наук, доцент*

*Лубенников Юрий Георгиевич – кандидат военных наук*

*Аксёнкин Виталий Иванович – кандидат военных наук*

*Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала  
армии А.В. Хрулева, г. Санкт-Петербург*

*Аннотация. Предложена система оценочных показателей (критериев эффективности), которая учитывает сложность структуры и разнородность*

этапов в процессе доставки боеприпасов и позволяет судить о степени результативности решаемых задач на всех его этапах.

Ключевые слова: критерии эффективности, процесс доставки боеприпасов, автомобильный транспорт, погрузочно-разгрузочные работы.

## RATIONALE CRITERIA OF EFFICIENCY OF DELIVERY AMMUNITION BY MOTOR TRANSPORT

*Ivanov Sergey M. – PhD in Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of Researching Department*

*Lubennikov Yuri G. – PhD in Military Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher of Researching Department*

*Aksenkin Vitaly I. – PhD in Military Sciences, Head of Research Department  
Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev,  
Saint-Petersburg*

Abstract. *The article suggests a system of performance indicators (performance criteria), which takes into account the complexity of the structure and diversity of the stages in the process of delivery of ammunition and allows you to judge the degree of performance of tasks at all stages.*

Keywords: *performance criteria, the delivery process of ammunition, motor transport, loading and unloading operations.*

Процесс доставки артиллерийских боеприпасов затрагивает большое число участников транспортного процесса и должен рассматриваться комплексно на основе технологии, согласованной всеми сторонами и базирующейся на нормативных документах или результатах технологической подготовки перевозок. Достижение эффективности процесса доставки боеприпасов автомобильным транспортом связано с техническим усовершенствованием подвижного состава автомобильного транспорта и погрузочно-разгрузочных средств, внедрением прогрессивных технологий и совершенствованием организации перевозки грузов [1].

Технические усовершенствования и совершенствование организации процесса доставки боеприпасов требуют разработки некоторых технических и технологических решений, позволяющих увеличить производительность подвижного состава, сократить его простои под погрузочно-разгрузочными операциями и, в целом, увеличить возможности автомобильного транспорта [2].

Следовательно, чтобы судить об эффективности процесса доставки боеприпасов автомобильным транспортом и сравнивать между собой различные технологические и технические решения, нужно иметь некоторый критерий или показатель эффективности.

Технологические операции, из которых складывается процесс доставки грузов, в том числе и боеприпасов, неоднородны и сильно отличаются своей продолжительностью. Некоторые операции, объединяясь, создают определённые этапы процесса доставки, каждый из которых выполняет определённые задачи [3].

Как отдельные операции, так и этапы процесса доставки боеприпасов находятся в определённой зависимости друг от друга. Таким образом, **процесс доставки боеприпасов** является многоэтапным и многооперационным процессом с большой технологической, эксплуатационной и экономической разнородностью операций. Поэтому отдельные этапы процесса доставки боеприпасов можно рассматривать как самостоятельные процессы (перевозочный процесс, процесс транспортирования, погрузочно-разгрузочный процесс и т. д.).

Такое содержание процесса доставки боеприпасов позволяет утверждать, что повышение его эффективности может быть достигнуто решением ряда частных задач, и тогда искомым критерий эффективности должен быть интегральным. Он позволит, учитывая сложность структуры и разнородность этапов в процессе доставки боеприпасов, судить о степени достижения поставленных целей и результативности решаемых задач на всех его этапах.

В основу предлагаемого подхода целесообразно положить принцип рассмотрения процесса доставки боеприпасов автомобильным транспортом как функционирование сложной многоуровневой системы, состоящей из совокупности разнородных подсистем, основными из которых являются подсистемы «транспортирования», «выполнения погрузочно-разгрузочных работ» и «транспортного оборудования».

Под оценочным показателем (критерием) эффективности следует понимать показатель, численное значение которого при планировании или проведении различного рода мероприятий процесса доставки боеприпасов позволяет делать выводы о степени достижения цели, т.е. о степени выполнения того или иного частного процесса или всего процесса доставки боеприпасов в целом.

Анализ структуры целей и задач обеспечения процесса доставки боеприпасов автомобильным транспортом в целом, как сложного и многоэтапного разнородного процесса позволяет сделать следующие основные выводы:

- на самом верхнем уровне должен находиться главный интегральный (обобщенный) оценочный показатель (критерий) эффективности, характеризующий достижение глобальной цели процесса доставки боеприпасов автомобильным транспортом - степень удовлетворения потребностей артиллерийских частей и подразделений боеприпасами при минимальных потерях транспортной работы подвижного состава;

- на втором уровне дерева должны размещаться интегральные оценочные показатели, характеризующие достижение целей разнородных этапов процесса доставки боеприпасов. Эти показатели оценивают степень удовлетворения структуры грузопотока боеприпасов укрупнёнными грузовыми единицами, степень использования возможностей автомобильного транспорта и степень удовлетворения потребностей в выполнении погрузочно-разгрузочных работ в установленные сроки;

- на третьем уровне дерева должны размещаться оценочные показатели, характеризующие достижение целей отдельных этапов процесса доставки боеприпасов.

В отличие от интегральных показателей, они далее не декомпозируются и характеризуют степень достижения (выполнения) конкретных локальных задач на каждом этапе доставки боеприпасов автомобильным транспортом.

В качестве математического метода вычисления значений интегральных оценочных показателей применима «аддитивная свёртка» показателей нижестоящих уровней иерархии дерева целей с учётом удельного веса (производственной важности) решаемых ими конкретных задач (выполняемых функций) в процессе доставки боеприпасов автомобильным транспортом. Значимость (вес) каждого частного критерия определяется методом «относительных предпочтений» [4].

Интегральный показатель (критерий) эффективности процесса доставки боеприпасов автомобильным транспортом в целом рассчитывается по зависимости:

$$K_3 = \sum_{i=1}^3 S_i \cdot \alpha_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $K_3$  – показатель (критерий) эффективности процесса доставки боеприпасов автомобильным транспортом;

$S_i$  – интегральные показатели (критерии) эффективности разнородных этапов процесса доставки БП АТ;

$\alpha_i$  – коэффициент удельного веса (оперативно-тактической важности) интегрального показателя (критерия) эффективности  $i$ -го этапа процесса доставки.

В свою очередь, интегральные показатели (критерии) эффективности разнородных этапов процесса доставки определяем через частные показатели (критерии) эффективности решаемых локальных задач в разнородных этапах процесса доставки.

Частные оценочные показатели эффективности, в отличие от интегральных показателей, имеют простой физический смысл. Они определяются для каждого интегрального показателя второго уровня дерева целей прямым вычислением.

Предлагаемая система оценочных показателей (критериев) эффективности процесса доставки боеприпасов автомобильным транспортом приведена на рис. 1.

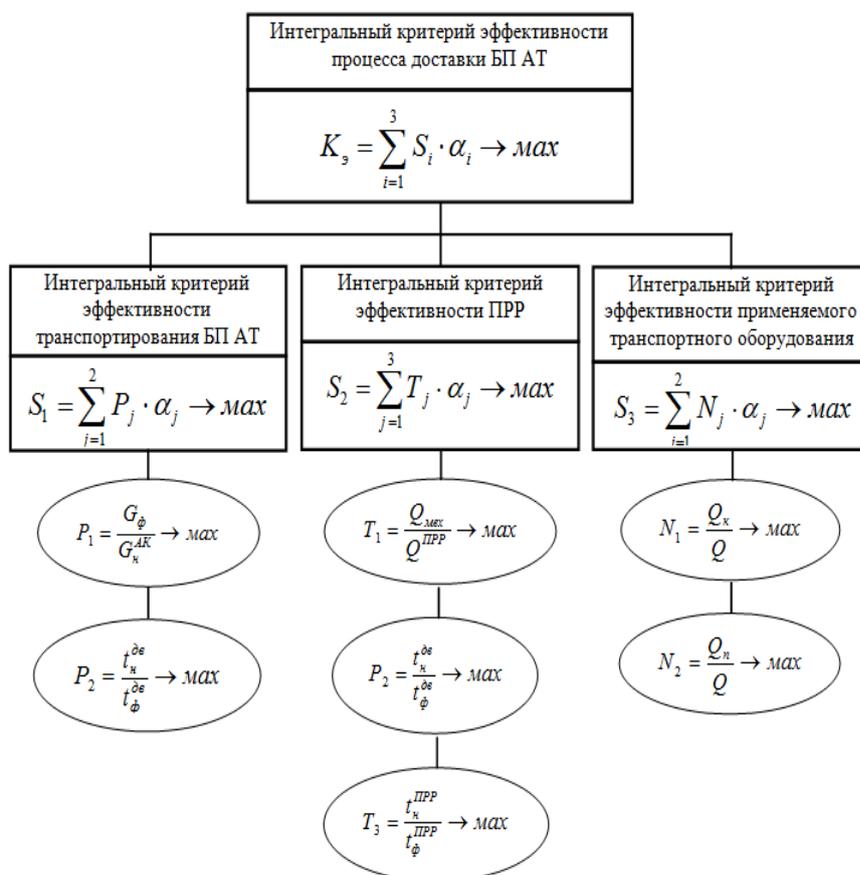


Рисунок 1 – Система оценочных критериев эффективности процесса доставки боеприпасов автомобильным транспортом

Физический смысл интегрального критерия эффективности процесса доставки заключается в его способности оценить приближение реально создаваемых условий функционирования автомобильных колонн с боеприпасами на технологических участках к «эталонным», т.е. к таким условиям, где максимально будут реализовываться провозные возможности автомобильных частей и подразделений с минимальным временем простоя автомобильных колонн под выполнением погрузочно-разгрузочных работ.

Степень приближения реально создаваемых условий функционирования автомобильных колонн с боеприпасами на технологических участках позволяет определить состав сил и средств транспортирования, погрузочно-разгрузочных работ и транспортного оборудования для гарантированного выполнения задач по доставке боеприпасов на технологических участках в установленные сроки.

Таким образом, научная новизна интегрального критерия эффективности процесса доставки боеприпасов автомобильным транспортом состоит в методологическом подходе к оценке эффективности процесса доставки, включающего функционирование трёх составляющих подсистем: «транспортирования», «погрузочно-разгрузочных работ» и «транспортного оборудования» и возможности оценки комплексного влияния транспортных факторов на эффективность процесса доставки боеприпасов автотранспортом и их синергетического эффекта.

#### *Список литературы*

1. Иванов С.М. Автотранспортное обеспечение в военном округе в мирное и военное время. Военно-теоретический труд. – СПб.: ВА МТО. 2015.
2. Горев А.Э. Грузовые перевозки. Учебник. – М.: Издательский центр «Академия». 2013.
3. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики. Учебник. – СПб.: «Питер Пресс». 2014.
4. Мальцев Ю.А. Основы научных исследований. Учебник. – М.: ВТУ. 2015.

УДК: 519.876.5

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ВОИНСКИХ ГРУЗОВ - ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

*Фискевич Александр Сергеевич – адъюнкт кафедры организации повседневной деятельности и безопасности военной службы, Военный институт (Железнодорожных войск и военных сообщений) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В.Хрулева, г. Санкт-Петербург*

*Аннотация.* Рассматривается задача моделирования продолжительности перевозок воинских грузов в условиях влияния вероятностных факторов. Предложена имитационная модель расчета продолжительности перевозок воинских грузов, которая обеспечивает определение основных технико-эксплуатационных показателей с учетом вероятностных факторов. В качестве коэффициентов целевой функции используют показатель времени перевозок.

*Ключевые слова:* объем перевозок, продолжительность перевозок, имитационная модель.

### **MODELLING OF THE TRANSPORT PROCESS OF MILITARY GOODS - THE BASIS OF EFFECTIVE FUNCTIONING OF THE TRANSPORT SYSTEM**

*Fiskevich Alexander S. – associate chair of the Organization's daily activities and safety of military service, Lt. Military Institute (Railway troops and military communications) Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev, Saint-Petersburg*

*Abstract.* Considers the problem of modeling duration of transportation of military cargoes in the conditions of influence of probabilistic factors. The proposed simulation model to calculate the duration of the transportation of military cargo, which provides the definition of basic technical and operational indicators, taking into account probabilistic factors. As the objective function coefficients use the index of travel time.

*Keywords:* volume of traffic, duration of traffic simulation model.

Экономические реформы, осуществляемые в настоящее время в Российской Федерации, выдвинули проблемы развития транспорта страны в ряд важнейших, от успешности решения которых существенно зависит сама возможность проведения этих реформ. Известно, что направление развития грузового транспорта любой страны определяется, прежде всего, сложившимися соотношениями между объемами перевозимых грузов во внутреннем сообщении и этими объемами в экспортно-импортном и транзитном сообщениях [1].

Постепенное увеличение промышленного и сельскохозяйственного производства, развитие Вооружённых Сил Российской Федерации, резкое увеличение объемов перевозок внутри страны, рост уровня автомобилизации населения при сохранении существующей плотности и уровня транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог, отсутствие современных систем управления транспортом – все эти факторы являются элементами одной сложной проблемы, решение которой позволит эффективно использовать и развивать транспортный комплекс страны [2].

При планировании передвижения войск постоянно возникает проблема осуществления перевозки планового объема воинских грузов (личного состава, техники, материальных средств)  $Q_{ij}^{nl}$  в строго отведенное время  $T_{ij}^{mp}$ .

Сущность задачи заключается в определении продолжительности передвижения  $T_{ij}^n$  с учетом маршрута движения от  $i$ -го пункта каждому  $j$ -му потребителю (конечному пункту) с темпом  $\frac{l_{ij}}{V_{ij}}$  в объёмах  $Q_{ij}$  [3].

Целевая функция задачи выглядит следующим образом:

$$T_{ij}^n \leq T_{ij}^{mp} \quad (1)$$

процесс передвижения описывается следующей математической зависимостью:

$$T_{ij}^n = f(Q_{ij}, t_{ij}^{6K}, s_{ij}, v_{ij}, C_2, C_1, \kappa_{ij}, N_{ij}) \quad (2)$$

при обычных для задачи ограничениях:

$$\sum_{i=1}^m Q_{ij} \geq Q_{ij}^{nl}, j = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m N_{ij} \geq N_{ij}^e, j = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

$$s_{ij} \leq s_{ij}^{\max}, \quad (5)$$

$$v_{ij} \leq v_{ij}^{\max}, \quad (6)$$

$$t_{ij}^n \leq t_{ij}^{6K} \leq t_{ij}^{OK}, \quad (7)$$

$$Q_{ij} \geq 0, j = 1, 2, \dots, n, \quad (8)$$

где  $T_{ij}^n, T_{ij}^{mp}$  – время передвижения (перевозки) войск, фактическое и требуемое соответственно, ч.;

$N_{ij}$  – количество автомобильной техники, выделенной для выполнения поставленной задачи, ед.;

$s_{ij}, v_{ij}$  – протяжённость маршрута и средняя скорость движения автомобильных колон, км в ч.;

$киг_{ij}$  – коэффициент использования грузоподъёмности транспортных средств, используемых для выполнения поставленной задачи;

$C_2, C_1$  – организационно-технологические и технические средства, используемые при погрузке и выгрузке перевезенного объема, ед.

Целевая функция и ограничения задачи интерпретируются следующим образом:

- целевая функция (1), характеризует время выполнения задачи при передвижении войск;
- условия (3) требует удовлетворения потребностей каждого  $j$ -го потребителя в перевезенных объемах;
- условие (4) указывает, что количество используемых транспортных средств  $i$ -го вида не может превысить выделенных;
- условие (5) и (6) указывает, что средняя скорость и протяженность маршрута не может быть больше максимального значения при передвижении в  $j$ -й пункт.
- условие (8) не отрицательность переменных  $Q_{ij}$  [4,5].

Рассмотренную задачу легко решить с использованием имитационного моделирования. Имитационное моделирование является наиболее мощным инструментом исследования сложных систем, управление которыми связано с принятием решений в условиях неопределенности [6,7].

Построение имитационной модели реализуется путем описания моделирующего алгоритма, заменяющего собой аналитическую модель (2) реального события и состоящего из математической (вычислительной) модели (ИМ), предназначенной для осуществления одного случайного испытания и многократном повторении независимых опытов. Зависимости 3-8 являются основой математической (вычислительной) модели.

Выполненное описание модели предполагает перейти к следующим этапам разработки ИМ. Основным этапом разработки ИМ является декомпозиции исследуемой модели на элементы. Поэтому используя [8,9] ИМ предлагается описать процедурными блоками, представленными на рисунке.

Описанный алгоритм, обеспечивает выполнение следующих функций:

- определение количества автомобилей при заданных условиях;
- определение основных технико-эксплуатационных показателей с учетом и без учета вероятностных факторов;
- построение расписания работы автомобилей с учетом заданных условий.

Таким образом, использование представленной математической модели перевозочного процесса воинских грузов позволит должностными лицам организаций и подразделений МО РФ осуществлять оперативное планирование деятельности и выбирать наиболее эффективный план с учетом влияния вероятностных факторов обеспечивающих эффективное функционирование транспортной системы.

Данный подход обеспечит снижение времени доставки, повышение оперативности оказания транспортных услуг, а также снижение логистических издержек на перевозки и негативные влияния транспортных средств на окружающую среду.

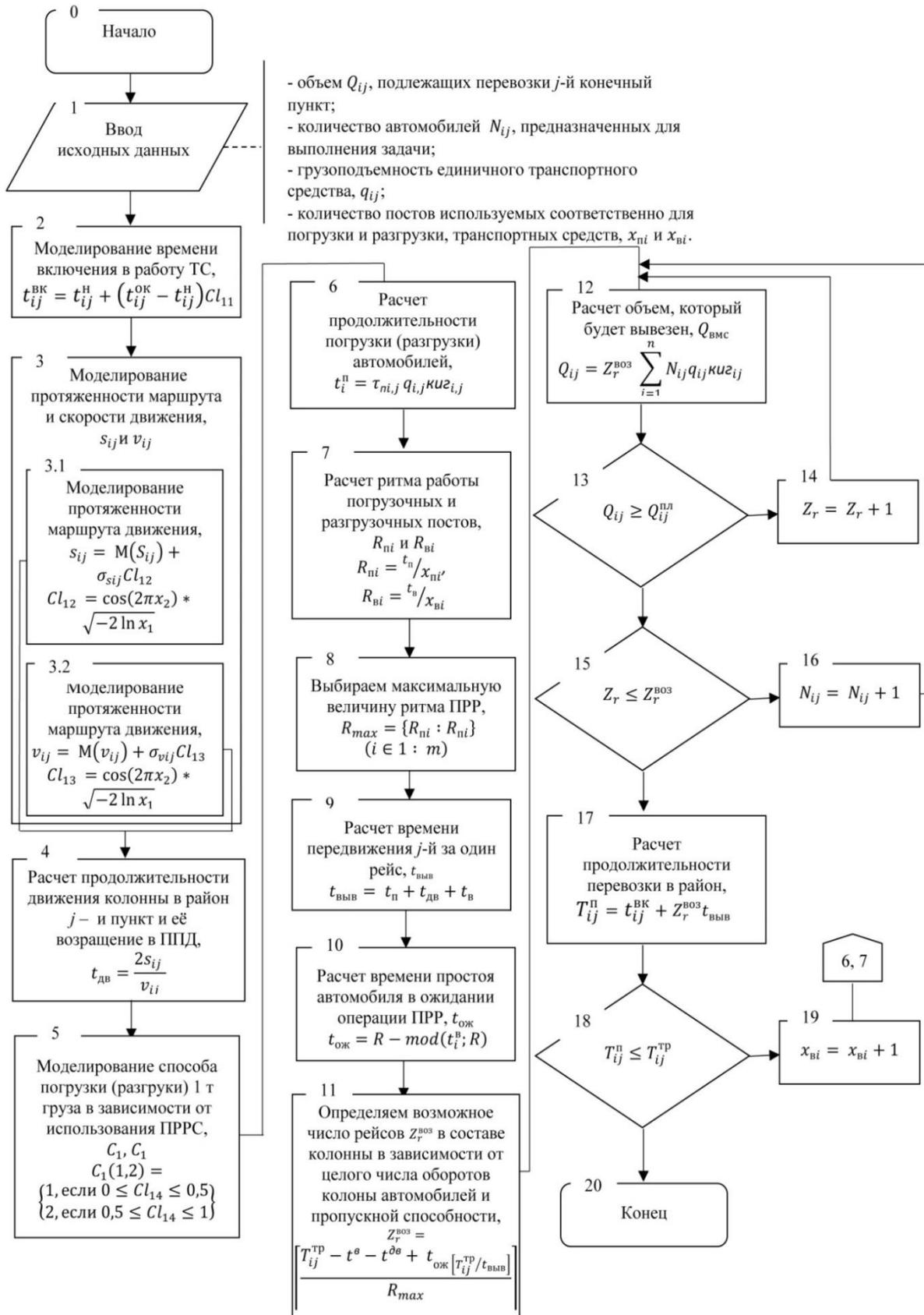


Рисунок – Блок-схема алгоритм имитационной модели расчёта продолжительности передвижения в  $j$ -й пункт

### Список литературы

1. Беленький А.В. Оптимизационный анализ и исследование возможностей грузовых транспортных систем: методология, модели, методы, приложения. Диссертация ... док. техн. наук – М. Институт проблем управления РАН. 1994. 240 с.
2. Пилявец О.Г. Развитие теории, методов управления и проблемы функционирования транспортной системы страны в современных условиях // Мир экономики и права. 2012. № 11. С. 8-13.
3. Пилявец О.Г. Логистический подход в технологии перевозки грузов железнодорожным транспортом // Ученые записки Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии. 2015. № 2 (54). С. 36-42.
4. Ермошин Н.А., Болгаров Н.И. Моделирование условий неопределённости функционирования и развития транспортно-логистических систем в целях обеспечения их экономической безопасности // Строительные и дорожные машины. 2014. № 6. С. 30-35.
5. Ермошин Н.А. Планирование автомобильных перевозок с учётом неопределённости транспортно-эксплуатационных показателей дорожной сети // Современные тенденции развития науки и технологий. 2015. № 1-6. С. 151-154.
6. Шенон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: МИР. 1978. 418 с.
7. Фискевич А.С. Перспективное направление прогнозирования состояния системы материально-технического обеспечения базы хранения вооружения и военной техники (железнодорожных войск) как основа обороноспособности страны // Вопросы оборонной техники. 2016. № 5-6. С. 61-67.
8. Николин В.И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов. – М.: Транспорт. 1990. 191 с.
9. Николин В.И., Витвицкий Е.Е., Мочалин С.М. Грузовые автомобильные перевозки: монография / В.И. Николин – Омск: изд-во «Вариант Сибирь». 2004. 480 с.

УДК 681.142.6

## **ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕР И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В МНОГОУРОВНЕВОЙ НАВИГАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ МЧС РОССИИ**

*Синецук Юрий Иванович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения*

*Конопак Антон Евгеньевич – адъюнкт*

*Левчунец Иван Владимирович – адъюнкт*

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Аннотация.* Рассматриваются вопросы применения методологических и аппаратно-программных средств обеспечения безопасности функционирования многоуровневой навигационно-информационной системе мониторинга транспортных средств МЧС России. Обосновывается целесообразность применения современных средств координатно-временного и навигационного обеспечения этих процессов. Анализируются возможности организации безопасного взаимодействия виртуальных частных сетей.

*Ключевые слова:* информационная безопасность, транспорт, глобальная навигационная спутниковая система, виртуальная частная сеть.

# RATIONALE THE SYSTEM OF MEASURES AND MEANS OF PROTECTION OF INFORMATION IN MULTI-LEVEL NAVIGATION AND INFORMATION SYSTEM MONITORING OF VEHICLES OF EMERCOM OF RUSSIA

*Sineshchuk Yuri I. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of fire safety of buildings and fire protection automated systems*

*Konopak Anton E. – graduate student*

*Levchunec Ivan V. – graduate student*

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract. Discusses the use of methodological and hardware-software means of ensuring of safety of functioning multi-level navigation and information system monitoring of vehicles of EMERCOM of Russia. The expediency of application of modern means of coordinate-time and navigation support of these processes. Analyzes the organization of secure communication of virtual private networks.*

*Keywords: information security, transportation, global navigation satellite system, a virtual private network.*

Развитие и повсеместное применение информационных технологий, использование глобальных навигационных спутниковых систем является закономерной тенденцией научно-технического прогресса[1]. Вместе с тем, применение новых информационных технологий немислимо без повышенного внимания к вопросам информационной безопасности. Разрушение информационного ресурса, его временная недоступность или несанкционированное использование могут нанести значительный ущерб пользователям. Применительно к автоматизированным системам МЧС России, речь может идти не только о материальном, экономическом и культурном ущербе, но и об экологическом, социальном и или политическом ущербе.

Автоматизированная информационная управляющая система Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее - АИУС РСЧС), объединяя ресурсы различных информационных систем, позволяет МЧС России эффективно реализовывать свои функции как координатора, обеспечивающего взаимодействие органов государственного управления при решении задач в условиях чрезвычайных ситуаций. АИУС РСЧС строится на принципах функционирования открытых систем и выступает в качестве ядра системы центров управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) с собственной базой агрегированных данных и территориально-распределенных источников детальной и оперативной информации (рис.1).

В соответствии с российским законодательством автоматизированные системы, обрабатывающие сведения ограниченного доступа, должны выполняться в защищенном исполнении.

В последние годы, в связи началом полномасштабного использования навигационных спутниковых систем для нужд государства, промышленности и потребительского сектора экономики, особую актуальность приобретают вопросы стандартизации процедур обеспечения информационной безопасности. В интересах государственных органов Российской Федерации предпочтение в вопросах навигационных систем отдается отечественной системе ГЛОНАСС. Система ГЛОНАСС, являясь навигационной системой двойного назначения, обеспечивает решение навигационных и координатно-временных задач в интересах как специальных, так и гражданских потребителей.

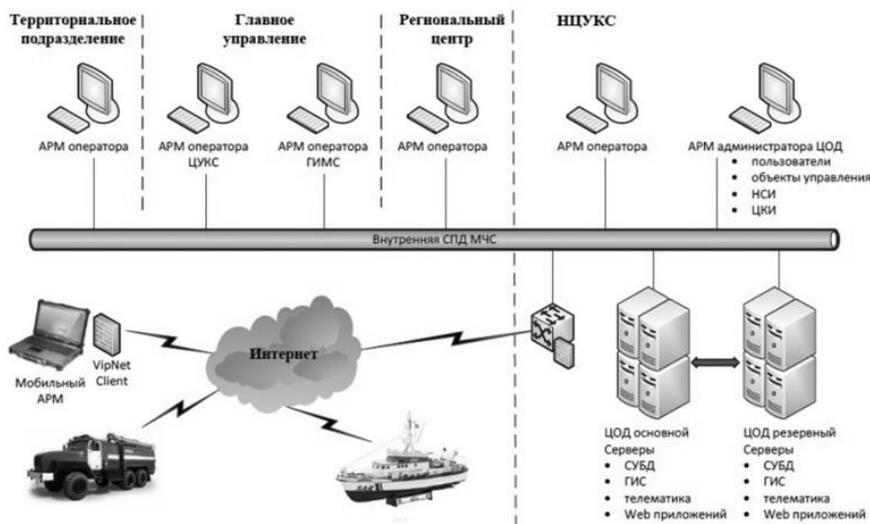


Рисунок 1 – Обобщенная структура АИИС РСЧС

Многоуровневая навигационно-информационная системы (МНИС) предназначена для обеспечения автоматизации процессов мониторинга транспортных средств МЧС России, оборудованных аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, тушения пожаров, ликвидации последствий происшествий на водных объектах, а также процессов сбора, визуализации, анализа навигационной и служебной информации в целях принятия управленческих решений [2]. Многообразие и важность реализуемых системой функций предполагает необходимость решения задач обеспечения конфиденциальности, целостности и доступности информационных, вычислительных и коммуникационных ресурсов МНИС. Общий порядок выбора мер защиты информации для их реализации в информационной системе представлен на рис. 2.

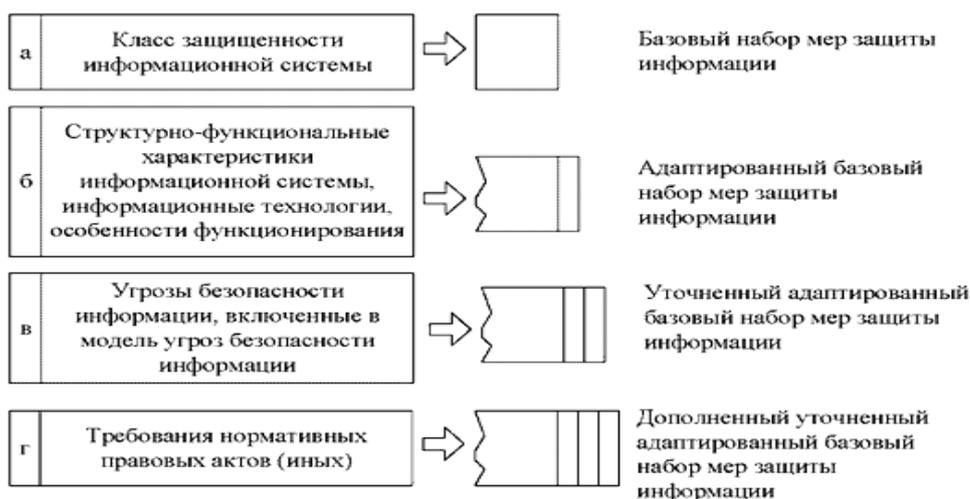


Рисунок 2 – Порядок выбора мер защиты информации

В соответствии с руководящими документами уточненный адаптированный базовый набора должен включать следующие меры защиты информации [3]:

- идентификация и аутентификация субъектов доступа и объектов доступа;
- управление доступом субъектов доступа к объектам доступа;

- ограничение программной среды;
- защита машинных носителей информации;
- регистрация событий безопасности;
- антивирусная защита;
- обнаружение (предотвращение) вторжений;
- контроль (анализ) защищенности информации;
- обеспечение целостности информационной системы и информации;
- обеспечение доступности информации; защита среды виртуализации;
- защита технических средств;
- защита информационной системы, систем связи и передачи данных.

Комплексное применение предложенных мер защиты позволит обеспечить требуемый уровень информационной безопасности МНИС и повысить эффективность ее применения. В процессе функционирования, МНИС устанавливает связи с различными источниками и потребителями информации, при этом особую актуальность приобретает задача безопасного взаимодействия различных подсистем АИУС РСЧС в рамках подключения к ведомственной цифровой сети связи МЧС России (внутренняя сеть передачи данных – СПД).

В общем случае, при всех таких подключениях могут применяться либо штатные средства разграничения доступа операционной системы, либо специализированные средства защиты от НСД, либо криптографические системы на уровне конкретных приложений, либо и то и другое вместе [4]. Однако все эти меры, в силу присущих им ограничений, не могут гарантировать желаемой безопасности при проведении сетевых атак. Как следствие, необходимо обеспечить на сетевом уровне тотальный контроль всего входящего и исходящего трафика компьютера, проходящего через все его сетевые интерфейсы с реализацией функций шифрования и имитозащиты трафика, а также функций персонального межсетевоего экрана.

При построении защищенных сетей МЧС России широкое применение находит программно-аппаратный комплекс ViPNet (ViPNet Administrator, ViPNet Client, ViPNet Coordinator), позволяющий сформировать среду безопасного обмена информацией по общедоступным каналам связи различных типов путем создания логических сетей, защищенных криптографическими средствами высокой надежности [5].

Развертывание частных виртуальных сетей (Virtual Private Network – VPN) любых конфигураций, обеспечивающих прозрачное взаимодействие компьютеров сети ViPNet независимо от способа, места и типа IP-адреса при их подключении к сети, позволяет добиться защиты всего сетевого трафика. Сеть ViPNet, в которой используется технология VPN, обладает следующими возможностями:

- плавная интеграция в структуру существующей сети;
- гибкая настройка фильтрации защищенного и открытого трафика;
- централизованное управление политиками безопасности;
- широкий выбор средств коммуникации между защищенными узлами (почта, чат, обмен файлами);
- организация юридически значимого электронного документооборота; система слежения за состоянием сети;
- организация иерархической системы сетей;
- дополнительные возможности по регистрации пользователей, публикации сертификатов в общедоступных хранилищах и другие.

Построение сетей ViPNet на базе частных виртуальных сетей – процесс, имеющий свои особенности в каждом конкретном случае. В первую очередь он зависит от существующей топологии сети и от тех коммуникационных задач, которые стоят перед организацией. Именно поэтому универсальной схемы сети ViPNet не существует.

В каждом региональном центре МЧС России развернута своя сеть ViPNet с уникальным номером. Эти сети образуют иерархическую структуру подчинения, что накладывает определенные проблемы на их взаимодействие между собой. Установление соединения между двумя узлами сети ViPNet требует, чтобы эти узлы обладали информацией о параметрах доступа друг к другу. Для решения этой задачи можно связать каждый координатор со всеми координатами своей и чужих сетей. Но в больших сетях, каковой является сеть МЧС России, это приведет к загрузке каналов служебной информацией, а координаторы будут загружены ее обработкой. В связи с этим определение необходимых связей между различными узлами всех сетей ViPNet МЧС России и установление соединений между этими узлами предполагает модернизацию сети ViPNet МЧС России в следующих направлениях:

- установление межсетевого взаимодействия всех сетей ViPNet МЧС России;
- дооснащение подразделений МЧС России программно-аппаратными комплексами ViPNet Coordinator для создания защищенных каналов связи со всеми субъектами МЧС России.

Решение сформулированных задач позволяет: сетевым узлам, находящимся в разных сетях ViPNet, установить между собой соединения так, как если бы они находились в одной сети ViPNet; значительно сократить расходы на аренду каналов у операторов связи; повысить защищенность передаваемой по каналам связи информации.

#### *Список литературы*

1. Синещук Ю.И., Терехин С.Н. Анализ систем спутниковой навигации, базирующихся на различных методах ретрансляции // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». 2011. № 4. С. 42-47.
2. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2014. № 1 (29). С. 6-13.
3. «Методический документ. Меры защиты информации в государственных информационных системах» (утв. ФСТЭК России 11 февраля 2014).
4. Шаньгин В.Ф. Информационная безопасность компьютерных систем и сетей // ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М. 2011.
5. Официальный сайт ОАО «Информационные Технологии и Коммуникационные Системы» <https://www.infotecs.ru>.

## О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗГОННОГО БЛОКА С КОНТЕЙНЕРОМ ДЛЯ ЭКСТРЕННОЙ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

*Таранцев Александр Алексеевич* – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ

*Лосев Михаил Александрович* – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Кураков Андрей Валерьевич* – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий

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

Аннотация. В подразделениях пожарной охраны России пожарная техника эксплуатируется не всегда эффективно. Используемая в настоящее время наземная техника не решает вопросы оперативной доставки огнетушащих веществ на большие расстояния и труднодоступные места. Такие как арктические районы. Использование специальной авиации не всегда возможно ввиду больших финансовых затрат и зависимости от метеоусловий. В работе раскрыта актуальность применения реактивных блоков для переноса различных грузов в Арктическую зону.

Ключевые слова: Арктическая зона, экстренная доставка, аварийные ситуации.

## ABOUT THE POSSIBILITY OF USING THE BOOSTER BLOCK WITH CONTAINER FOR EMERGENCY CARGO DELIVERY

*Tarantsev Alexander A.* – doctor of technical sciences, professor, professor of department of fire fighting organization and conduct of rescue operations

*Losev Mikhail A.* – adjunct faculty 1st year training of highly qualified personnel

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Kurakov Andrey V.* – PhD, senior researcher of the Laboratory of problems of Development of transport systems and technologies of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Abstract. The Russian divisions of fire protection firefighting equipment in operation is not always effective. The currently used ground equipment does not solve the question of operative delivery of fire extinguishing substances over long distances and difficult places. Such as the Arctic regions. Using a special aircraft is not always possible because of the high financial costs and depending on weather conditions. The paper disclosed the relevance of the use of jet units for carrying various cargoes in the Arctic zone.

Keywords: Arctic zone, emergency delivery, emergency situations.

Освоение районов Крайнего Севера и Арктической зоны связано с необходимостью доставки различных грузов для обеспечения жизнедеятельности оборудуемых там объектов промышленного, жилого и иного назначения. Однако неразвитость инфраструктуры (невозможность прокладки железных дорог по вечной мерзлоте, снежные заносы зимой, болотистая местность летом, ограниченный срок летней навигации и т.п. факторы) приводит к необходимости широкого использования там авиации для перевозок грузов и персонала. В то же время, сложные метеоусловия и

потребность в специальных аэродромах отрицательно сказывается на устойчивости безаварийности авиаперевозок.

При функционировании различных объектов в районах Крайнего Севера и Арктической зоны могут возникать ситуации, требующие немедленной доставки различных грузов – блоков аппаратуры, 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.

Для решения этой проблемы была разработана ракетная система [1], предназначенная для экстренной доставки грузов в аварийной ситуации. Она состоит из разгонного блока в виде ступени ракеты, контейнера с грузом и посадочного средства [2]. Базируясь на стартовых станциях в районах с соответствующей инфраструктурой, система [1], может экстренно доставить и мягко приземлить предварительно загруженный контейнер в пункте назначения, находящемся на Крайнем Севере, в Арктической зоне (рис. 1) или другом труднодоступном месте, например, в горах.

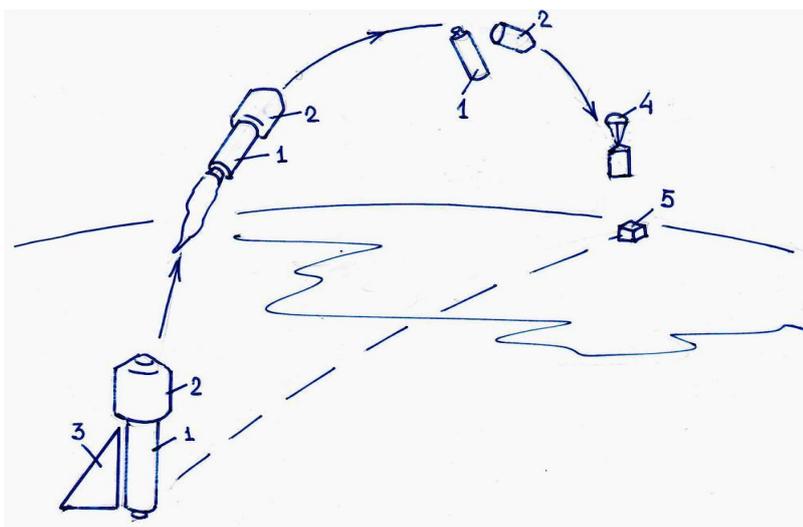


Рисунок 1 – Схема экстренной доставки грузов (1 – разгонный блок, 2 – контейнер с грузом, 3 – стартовая станция, 4 – посадочная система, 5 – пункт назначения)

Следует отметить, что идеи доставки грузов и даже людей с помощью ракетных систем известны с конца 40-х – начала 50-х годов XX века, как только обозначились успехи ракетной техники. Но тогда идеи применения в мирных целях специальных баллистических транспортных систем не были реализованы ввиду большой стоимости проектов, сложности в эксплуатации и высокой аварийности.

Ситуация радикально изменилась в конце XX – начале XXI века, что обусловлено следующими обстоятельствами:

а) доведением ракетных блоков (твердотопливных и ампулизованных жидкостных) до высокой степени эксплуатационной и полётной надёжности;

б) конверсией промышленности, сокращением и модернизацией ракетных войск во многих странах, что приводит к снятию с вооружения и высвобождению большого числа исправных ракетных блоков, пригодных к применению в мирных целях;

в) насущной необходимостью экстренной доставки различных грузов в труднодоступные районы, а также спасением персонала с аварийных объектов [3], например, морских добывающих платформ в высоких широтах.

Таким образом, в настоящее время есть все предпосылки для разработки и практического внедрения устройств [1] и [3]. Тем более, что проведенные баллистические расчёты [4,5] показали эффективность системы [2] – с её помощью можно при том же куполе парашюта и той же посадочной скорости контакта приземлять более тяжёлые грузы без риска воспламенения окружающей растительности (если посадка происходит в тайге или лесотундре) тормозным блоком, в отличие от известных систем десантирования.

Применение устройств [1], в отличие от боевых ракет, имеющих сложные средства защиты и автономную систему наведения, не представляет большой трудности. Разгонные блоки с контейнерами могут базироваться в одноразовых ангарах, обеспечивающих защиту от неблагоприятных погодных условий и оперативную загрузку контейнера, а наведение на пункт назначения может осуществляться по радиосигналам с этого пункта или внешнего пункта управления – со спутника или самолёта. Точность приземления может обуславливаться только ветровыми нагрузками в районе пункта назначения.

В заключение следует отметить, что применению устройств [1] должна предшествовать тщательная баллистическая проработка. В частности, по информации о месте базирования стартовой станции, потенциальных пунктах назначения в труднодоступных районах, характеристиках разгонных блоков и массах контейнеров, необходимо сформировать такой закон управления разгонным блоком на активном участке траектории, чтобы топливо было выработано полностью.

#### *Список литературы*

1. Устройство для локализации последствий аварии. Патент РФ № 2007204, 1990 г., автор – А.А.Таранцев.
2. Посадочная система. Патент РФ № 2001002, 1990 г., автор А.А.Таранцев.
3. Устройство для эвакуации персонала с аварийного объекта. Патент РФ № 2068285, 1992 г., автор – А.А.Таранцев.
4. Димич В.В., Таранцев А.А. О возможностях перспективной посадочной системы // "Известия ВУЗов. Авиационная техника". Казань. 1996. № 4.
5. Бала Ю.А., Малыгин И.Г., Таранцев А.А. Перспективная посадочная система для десантирования сил и средств пожарной охраны // "Пожаровзрывобезопасность". 2003. № 1.

## ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОЙСК МАТЕРИАЛЬНО – ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

*Мирошник Александр Анатольевич – адъюнкт Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва*

*Аннотация.* Цель создания математической модели – разработка математического аппарата, который может быть положен в основу моделирования процесса обеспечения железнодорожных войск материально-техническими средствами. Основная цель проектирования (совершенствования) системы материально – технического обеспечения железнодорожных войск определяет критерий решения математической модели – минимизацию затрат ресурсов на обеспечение войск всеми видами материально – технических средств, при удовлетворении требований, предъявляемых к системе.

*Ключевые слова:* материально – техническое обеспечение, железнодорожные войска, математическая модель, система материально – технического обеспечения, целевая функция, ограничения модели.

## ABOUT ONE MATHEMATICAL MODEL OF A PROBLEM OF PROVIDING RAILWAY TROOPS MATERIALS–TECHNICAL MEANS

*Miroshnik Alexandr A. – graduated in a Military academy of logistics and transport named after General A.V. Khrulev*

*Abstract.* The purpose of creation of mathematical model – development of mathematical apparatus which can be the basis for modeling of process of providing railway troops with material means. The main objective of design (improvement) of system materials – technical providing railway troops defines criterion of the solution of mathematical model – minimization of costs of resources of providing troops with all types materials – technical means, at satisfaction of requirements imposed to system.

*Keywords:* materials – technical providing, railway troops, mathematical model, system materials – technical providing, criterion function, restrictions of model.

Вопросам оптимизации обеспечения силовых структур материально – техническими средствами в настоящее время посвящено достаточно большое число публикаций, например, [1,2]. Учитывая тот факт, что материально – техническое обеспечение железнодорожных войск имеет некоторые особенности, заключающиеся во-первых в том, что наряду с традиционными материальными средствами – продовольствием, горючим и т.д., существуют и такой их вид, как строительно-восстановительные материалы, а во вторых в том, что заготовку строительно-восстановительных материалов осуществляют специализированные подразделения и части, что в совокупности свидетельствует об актуальности данной статьи. Об этом же свидетельствует и высокая сложность процесса принятия решения на восстановление железнодорожных объектов [3]. В статье предлагается единая математическая модель процесса обеспечения железнодорожных войск материально – техническими средствами. Для формирования общей постановки задачи обеспечения железнодорожных войск материально – техническими средствами и записи ее математической модели введем следующие обозначения:

$M_{ir}^{(n)}$  – наличие (возможности по заготовке) материально – технических средств  $r$  –го вида у  $i$  –го поставщика (базы; пункты местных заготовок) за расчетный период времени (продолжительность операции), измеритель;

$M_{jr}^{(n)}$  – потребность материально – технических средств  $r$  –го вида для  $j$  –го потребителя за расчетный период времени, измеритель;

$a_{ir}$  – единовременные затраты ресурсов на развертывание и свертывание  $i$  –го поставщика  $r$  –го вида материально – технических средств, измеритель;

$a_{ijr\mu}$  – единовременные затраты ресурсов на поддержание транспортных коммуникаций в состоянии, позволяющем эксплуатацию  $\mu$  – го маршрута при перевозке по нему  $r$  –го вида материально – технических средств от  $i$  –го поставщика до  $j$  –го потребителя, измеритель;

$C'_{ijr\mu}$  – пропорциональные затраты ресурсов на транспортировку, переработку единицы объема  $r$  –го вида материально – технических средств из  $i$  –го поставщика в  $j$  –й потребитель по  $\mu$  – му маршруту, измеритель;

$C_{ir}$  – пропорциональные затраты ресурсов на заготовку (изготовление) единицы объема  $r$  –го вида материально – технических средств в  $i$  –м поставщике, измеритель;

$\Pi_s^{(A)}$  – возможности  $s$  –й подсистемы материально – технического обеспечения по уровням перевозки за расчетный период по подвозу материально – технических средств автомобильным транспортом, измеритель.

Обозначим:

$$C_{ijr\mu} = C_{ir} + C'_{ijr\mu} \cdot \quad (1)$$

Постановка задачи: имеется « $m$ » поставщиков материально – технических средств ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), у каждого из которых есть или могут быть заготовлены материально – технические средства  $r$  –го вида ( $r = 1, 2, \dots, R$ ) в объеме  $M_{ir}^{(n)}$ ; « $n$ » потребителей ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), куда необходимо доставить материально-технические средства различных видов в заданном объеме  $M_{jr}^{(n)}$ .

Известны: возможные маршруты подвоза материально – технических средств между поставщиками и потребителями ( $\mu = 1, 2$ ), затраты ресурсов на развертывание и свертывание поставщиков  $a_{ir}$ , на поддержание транспортных коммуникаций  $a_{ijr\mu}$ , затраты на заготовку (изготовление), переработку, транспортировку, материально – технических средств  $C_{ijr\mu}$ .

Требуется так организовать обеспечение потребителей всеми видами материально – технических средств, чтобы затраты ресурсов на выполнение всех видов работ были бы минимальными при удовлетворении требования полноты доставки за расчетный период времени.

Целевая функция может быть представлена в виде выражения

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^R a_{ir} y_{ir} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^R \sum_{\mu}^2 a_{ijr\mu} z_{ijr\mu} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^R \sum_{\mu}^2 C_{ijr\mu} x_{ijr\mu} \rightarrow \min \quad (2)$$

где  $x_{ijr\mu}$  – объем (переменная величина)  $r$  –го вида материально – технических средств, доставляемых из  $i$  –го поставщика к  $j$  –му потребителю по  $\mu$  – му маршруту, тонн;

$y_{ir}$  – безразмерная переменная величина, учитывающая единовременные затраты на развертывание и свертывание поставщиков;

$z_{ijr\mu}$  – безразмерная переменная величина, учитывающая единовременные затраты на поддержание транспортных коммуникаций.

Система ограничений имеет вид.

1. Переменная величина  $x_{ijr\mu}$  не может быть отрицательной

$$x_{ijr\mu} \geq 0 \quad (3)$$

2. Переменная величина  $y_{ir}$  может принимать только два значения – ноль или единица

$$y_{ir} = \begin{cases} 0, & \text{если } \sum_{j=1}^n \sum_{\mu=1}^2 x_{ijr\mu} = 0, \\ 1, & \text{если } \sum_{j=1}^n \sum_{\mu=1}^2 x_{ijr\mu} > 0. \end{cases}$$

3. Переменная величина  $z_{ijr\mu}$  может принимать только два значения – ноль или единица

$$z_{ijr\mu} = \begin{cases} 0, & \text{если } x_{ijr\mu} = 0, \\ 1, & \text{если } x_{ijr\mu} > 0. \end{cases}$$

4. Количество материально – технических средств каждого вида, доставляемых от всех поставщиков по всем маршрутам к потребителю, должно быть равно их потребности

$$\sum_{i=1}^m \sum_{\mu=1}^2 x_{ijr\mu} = M_{jr}^{(n)} \quad (4)$$

5. Количество материально – технических средств каждого вида, вывозимых от поставщика ко всем потребителям по всем маршрутам, не должно превышать их наличия или возможности по заготовке

$$\sum_{i=1}^m \sum_{\mu=1}^2 x_{ijr\mu} = M_{ir}^{(H)} \quad (5)$$

6. Объем транспортной работы, возлагаемый на автомобильный транспорт по подвозу материально – технических средств, в каждой подсистеме материально – технического обеспечения, не должен превышать его возможностей

$$\sum_{i=1}^{i_s} \sum_{j=1}^{j_s} \sum_{r=1}^R \sum_{\mu=1}^2 x_{ijr\mu} l_{ijr\mu} \leq \Pi_s^{(A)} \quad (6)$$

$i_s, j_s$  – соответственно, поставщики, потребители каждого вида материально – технических средств, между которыми работает по маршрутам  $\mu$  автомобильный транспорт  $s$  –й подсистемы ( $s = 1, 2, 3$ );

$l_{ijr\mu}$  – расстояние подвоза материально – технических средств  $r$  –го вида между  $i$  –м поставщиком и  $j$  – м потребителем по  $\mu$  – му маршруту, измеритель.

Предложенная математическая модель задачи обеспечения железнодорожных войск материально – техническими средствами (2) – (7) является моделью линейного программирования с неоднородной целевой функцией.

Постановка задачи является открытой, так как значение  $M_{ir}^{(H)}$  для пунктов местных заготовок и  $\Pi_s^{(A)}$  принимаются такими, чтобы они давали возможность определить рациональный вариант обеспечения железнодорожных войск материально – техническими средствами.

Такая постановка задачи является часто исследовательской, она дает возможность получать оптимальные значения характеристик функционирования производственных элементов, а также минимальные значения затрат ресурсов на функционирование системы в целом. Эти значения могут быть приняты исследователем для сравнения аналогичных характеристик предлагаемых им систем.

При исследовании существующей системы материально – технического обеспечения железнодорожных войск использование открытой постановки задачи с целью получения расчетных значений характеристик производственных элементов мы считаем неправомерным. Система материально – технического обеспечения является производной подсистемой по отношению к общей системе восстановления железных дорог, которая включает определенный состав сил и средств для выполнения поставленных задач, в том числе и задач по материально – техническому обеспечению железнодорожных войск.

Таким образом, в ходе исследования можно оценить возможности существующей системы материально – технического обеспечения по местным заготовкам, по подвозу всех видов материально – технических средств и включить их как ограничения в математическую модель. Постановка задачи при этом не меняется, структура модели остается неизменной. Разница заключается только в том, что значения  $M_{ir}^{(H)}$  для пунктов местных заготовок оцениваются с учетом имеющихся сил и средств для этих целей, а величины  $\Pi_s^{(A)}$  определяются наличием транспорта в существующей системе материально – технического обеспечения железнодорожных войск.

Замечание. Отметим, что оценку эффективности предлагаемой в статье математической модели можно провести на основе математического аппарата, предложенного в [6,7].

При такой постановке задачи исследователя будут интересовать вопросы: достаточно или недостаточно сил и средств для развертывания местных заготовок, транспорта для подвоза материально – технических средств как в системе в целом, так и в отдельных ее подсистемах; если не хватает ресурсов, то сколько и какие имеются резервы сил и средств [4,5]. Предложенная математическая модель может дать ответы и на эти вопросы, и, кроме того, она может быть включена в состав системы поддержки принятия решения, как, например, это указано в [8,9].

В заключение отметим, что методика решения математической модели задачи обеспечения железнодорожных войск материально – техническими средствами включает следующие этапы: построение расчетной схемы задачи, подготовка исходных данных, приведение единовременных затрат к пропорциональным, формирование целевой функции и системы ограничений, решение системы линейных уравнений.

### *Список литературы*

1. Черных А.К., Козлова И.В. Подход к моделированию системы управления материально-техническим обеспечением сил и средств МЧС России в условиях чрезвычайных ситуаций регионального характера // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». 2015. № 2. С. 65-70.
2. Черных А.К. Теоретические положения прогнозирования наличия материальных средств в ходе выполнения служебно-боевых задач на основе нечётких множеств // Современные проблемы науки и образования во внутренних войсках МВД России: сборник научных трудов научно-педагогического состава Санкт-Петербургского военного института внутренних войск МВД России. Санкт-Петербург. 2015. С. 249-252.
3. Маслаков М.Д., Черных А.К. Об оценке срока выполнения одного класса комплексных работ на связанных множествах объектов на основе математического моделирования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 73-80.
4. Григорьев Б.М., Вуколов С.А., Вороной В.А. и др. Организация восстановления мостов на железных дорогах: Учебное пособие. СПб.: ВАМТО. 2014. 358 с.
5. Низов А.С., Попов Д.И., Ложечников Г.А. Организация восстановления железных дорог: учебник. СПб: ВАМТО, 2014.
6. Маслаков М.Д., Багрецов С.А., Черных А.К. Об одном подходе к оценке эффективности математических моделей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 3 (27). С. 67-73.
7. Артамонов В.С., Черных А.К., Клыков П.Н. Подход к оценке эффективности систем управления организационными системами, функционирующими в реальном масштабе времени // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 4 (32). С. 60-68.
8. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 6-13.
9. Васьков В.Т., Малыгин, И.Г., Плотников Ю.А. Автоматизированная геоинформационная система поддержки принятия решений по управлению оперативными подразделениями пожарной охраны // Проблемы управления рисками в техносфере. 2011. № 1 (17). С. 58-67.

## ЧАСТОТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТЕЙНЕРОВ ПО МОРСКИМ ПУТЯМ

*Крылатов Александр Юрьевич* – кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры математического моделирования энергетических систем

*Бикташева Айгуль Марселевна* – бакалавр  
Санкт-Петербургский государственный университет

Аннотация. Рассматривается расширение классического частотного метода транзитного распределения контейнеров на случай использования грузовых контейнеров. Описанные преимущества модели позволяют брать ее за основу при моделировании транспортировки контейнеров в масштабах всего мира.

Ключевые слова: распределение, морские пути, контейнерные потоки, частотно-ориентированная модель.

## A FREQUENCY-BASED MARITIME CONTAINER ASSIGNMENT MODEL

*Krylatov Aleksandr J.* – Ph.D., Associate Professor of Department of Mathematical Modelling of Energetic Systems

*Biktasheva Ajgul' M.* – bachelor  
Saint-Petersburg State University

Abstract. This paper transfers the classic frequency-based transit assignment method to containers demonstrating its promise as the basis for a global maritime container assignment model. To date it is believed that this paper constitutes the first attempt to adapt the classic frequency-based transit assignment method to maritime container transport

Keywords: distribution, shipping lanes, container flows, frequency-based model.

Частотно-ориентированная модель способна моделировать контейнерные потоки в течение определенного промежутка времени на глобальном уровне морского грузового судоходства. Она применима и полезна для судоходных линий, терминальных операционных компаний, грузоотправителей, портовых операторов, национальных и региональных органов по планированию, морских страховых компаний и других. В рамках модели, каждое судно, порт, судоходная линия, автотранспортная компания и железнодорожная компания рассматриваются в качестве отдельного агента. Каждый агент работает в соответствии со своим собственным набором правил. Традиционно выделяют четыре этапа моделирования: генерация, распределение, распределение перевозок по видам и назначение [1,2]. Этапы первоначально были разработаны для пассажирских перевозок, являющихся основой большинства моделей грузовых потоков. В данной работе внимание уделяется морским перевозкам контейнеров.

Модель распределения контейнеров может быть представлена в виде следующей задачи линейного программирования [3]:

$$P_0 = \min_{x, W} \left( \sum_{a \in A} (x_{a+}^f + x_a^e) c_a + w_{++}^f + \delta w_{++}^e \right)$$

$$\sum_{a \in A_i^+} x_{as}^f - \sum_{a \in A_i^-} x_{as}^f = b_{is}^f \quad \forall i \in I, s \in D \quad (1)$$

$$\sum_{a \in A_i^+} x_{as}^e - \sum_{a \in A_i^-} x_{as}^e = -b_{is}^e \quad \forall i \in I, s \in D \quad (2)$$

$$x_{as}^f \leq w_{is}^f f_a \quad \forall a \in A_i^-, i \neq s, s \in D \quad (3)$$

$$x_a^e \leq w_i^e f_a \quad \forall a \in A_i^- \quad (4)$$

$$k_i \geq \sum_{a \in A_j^-} (x_{a+}^f + x_a^e) + \sum_{a \in A_j^+} (x_{a+}^f + x_a^e) \quad (5)$$

$$x_{as}^f \geq 0 \quad \forall a \in A, s \in D \quad (6)$$

$$x_a^e \geq 0 \quad \forall a \in A \quad (7)$$

$$b_{is}^f = \begin{cases} -t_{rs}^f & \text{if } i = r \in O \\ t_{+s}^f & \text{if } i = s \in D \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$b_i^e = \begin{cases} t_{+i}^f - t_{i+}^f & \text{if } i = r \in O \text{ or } i = s \in D \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Целевая функция представляет собой сумму времени, которое контейнеры проводят в пути, и времени задержки. Существуют различия времен между действиями, затрачиваемыми на погрузку и разгрузку полных и пустых контейнеров, измеряемые в единицах времени. Ограничения (1) и (2) являются балансовыми соотношениями потока для полных и пустых контейнеров. Ограничения (3) и (4) связывают значения потоков контейнеров на морском пути и в конкретном узле  $i$ . Ограничения (5) гарантируют, что загрузка порта не превышает его пропускную способность. На практике этот верхний предел будет определяться длиной причала, количеством погрузочных кранов, и т.п. Ограничения (6) и (7) гарантируют неотрицательность переменных.

Лагранжиан данной задачи имеет вид:

$$L_{x,w,q,u,v} = \sum_{rs} t_{rs}^f u_{rs}^f + \sum_s (t_{+s}^f - t_{s+}^f) u_s^e - \sum_i v_i k_i + \sum_{as} x_{as}^f \left( c_a + \frac{q_{as}^f}{f_a} - u_{is}^f + u_{js}^f + v_i + v_j \right) + \sum_a x_a^e \left( c_a + \frac{q_a^e}{f_a} - u_i^e + u_i^e + v_i + v_j \right) + \sum_{as} w_{is}^f (1 - q_{as}^f) + \sum_a w_i^e (\delta - q_a^e)$$

где  $x$  и  $w$  – переменные, а  $q, u, v$  являются множителями Лагранжа, а значит двойственными переменными. При оптимальных условиях, уравнение Лагранжа сводится к минимуму по  $x$  и  $w$ , а по  $q, u$  и  $v$  сводится к максимуму. Таким образом, двойственную задачу можно записать в виде:

$$P_1: \max_{q,u,v} \left( \sum_{rs} t_{rs}^f u_{rs}^f + \sum_s (t_{+s}^f - t_{s+}^f) u_s^e - \sum_i v_i k_i \right) \\ \text{s.t.: } c_a + \frac{q_{as}^f}{f_a} - u_{is}^f + u_{js}^f + v_i + v_j \geq 0 \quad \forall a \in A, s \in D$$

$$c_a + \frac{q_a^e}{f_a} - u_i^e + u_j^e + v_i + v_j \geq 0 \quad \forall a \in A$$

$$1 - \sum_{j \in A_i^-} q_a^e \geq 0 \quad \forall i \neq s, s \in D$$

$$\delta - \sum_{j \in A_i^-} q_a^e \geq 0 \quad \forall i \in I$$

$$q_a^e \geq 0 \quad \forall a \in A$$

$$q_{as}^f \geq 0 \quad \forall a \in A, s \in D$$

$$v_i \geq 0 \quad \forall a \in A$$

Пусть множество маршрутов, ведущих из узла  $i$ , используются загруженными контейнерами на пути к  $s$ . Аналогично, пусть множество маршрутов, ведущих из узла  $i$ , используются пустыми контейнерами по всем направлениям [4]. Если маршрут используется, то он должен быть удобным, в том смысле, что его использование не должно увеличивать целевую функцию  $P_0$ .

Мы предполагаем, что контейнеры встают на первую доступную очередь по удобному пути и назначаются на отправление случайным образом, но с заданной частотой [5]. Общая задержка в узле  $i$  для загруженных контейнеров равна:

$$w_{is}^f = \frac{x_{i+s}^f}{\sum_{a \in L_{is}^f} f_a} \quad (8)$$

и для пустых контейнеров:

$$w_i^e = \frac{x_i^e}{\sum_{a \in L_i^e} f_a} \quad (9)$$

Благодаря ограничению на пропускную способность, не все маршруты доступны. В этой ситуации, эффективная частота обслуживания может быть меньше фактической частоты и задержки на узле  $i$ . Маршруты, где эффективная частота отклоняется от фактической частоты, будут иметь значение  $q = 0$ , так как иначе ограничения (3) и (4) были бы слишком большими. Общая задержка на таких узлах рассчитывается путем введения ограничений на сложения в числителе и знаменателе (8) и (9), где  $q$  – положительна.

Таким образом, настоящая статья представляет собой шаг на пути к глобальной модели распределения морских контейнеров. Тот факт, что модель принимает вид линейной программы означает, что подход может быть применен к большой сети, например, глобальной морской сети, так как эффективные решения задач линейного программирования хорошо проработаны. К тому же двойственные переменные имеют содержательную интерпретацию, позволяющую сокращать количество вычислений. Та-

кая модель будет представлять особый интерес для планирования судоходными линиями новых маршрутов.

#### *Список литературы*

1. Захаров В.В., Крылатов А.Ю., Раевская А.П. Моделирование и планирование транспортных процессов // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015: материалы Юбилейной Международной научно-практической конференции, 24-25 ноября 2015 г. Санкт-Петербург. Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН. СПб.: 2015. С. 120-124.
2. Крылатов А.Ю., Раевская А.П. Оптимальное расположение датчиков на транспортной сети для оценки матрицы // Процессы управления и устойчивость. 2015. Т. 2. № 1. С. 629-634.
3. Harker P.T., Friesz T.L. Prediction of intercity freight flows, I: Theory // Transportation Research Part B. 1986. 20(2), P. 139-153.
4. Harker P.T., Friesz T.L. Prediction of intercity freight flows, II: mathematical formulation // Transportation Research Part B. 1986. 20 (2). P. 155-174.
5. Spiess H., Florian M. Optimal strategies: a new assignment model for transit networks // Transportation Research Part B. 1989. 23 (2). P. 83-102.

УДК 656.07

## **СИСТЕМНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНФРАСТРУКТУРОЙ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК**

*Тюленев Кирилл Геннадьевич – начальник отдела технического регулирования и стандартизации в машиностроении, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ)*

*Аннотация.* Использование ресурсов производственной мощности линейного судоходства является приоритетным направлением внешнеэкономической деятельности государств, реализации национального транзитного потенциала и повышения инвестиционного спроса. Согласно действующим тенденциям развития международной транспортной системы, достижение вышеуказанной цели целесообразно на основе интеграции стратегических приоритетов линейного контейнерного судоходства и локальной транспортной инфраструктуры.

*Ключевые слова:* национальная сфера контейнерных перевозок, контейнеризация, операционные расходы линейного судоходства, инновационная транспортная инфраструктура.

## **COMPREHENSIVE MANAGEMENT OF CONTAINERIZED SHIPMENTS INFRASTRUCTURE**

*Tulenev Kirill G. – Head of technical regulation branch – machinery production, ROSSTANDART*

*Abstract.* Research article represents investment of shipping lines capacity as priority factor strengthening governmental foreign trade, investment demand and transit cargo traffics. According to current trends developing in transport complex, achievement of above mentioned objectives is efficient in complex integration with strategic priorities of liner container shipping industry and local transport infrastructure.

*Keyword: national container shipping industry, containerization, operational slot cost, innovative transport infrastructure*

Интеграция стратегических целей судоходной линии и наземной транспортной инфраструктуры в интересах регионального внешнеэкономического сотрудничества является одним из факторов эффективного развития национальной системы мультимодальных перевозок.

Применение системного подхода к управлению инфраструктурой контейнерных перевозок способствует снижению себестоимости транспортной составляющей внешнеэкономической деятельности, усилению конкурентоспособности региональной транспортной системы относительно сегментов международного рынка мультимодальных перевозок, дальнейшему увеличению объемов промышленного производства и объемов внешнеторговых грузопотоков.

Практическая потребность в обработке растущего внешнеторгового грузопотока мотивирует локальных участников транспортного процесса инвестировать прибыль, привлекаемую благодаря целевой интеграции, в создание собственных инфраструктурных резервов пропускной способности, что является драйвером совершенствования регионального транспортного комплекса.

Приоритетные стратегические цели управления деятельностью судоходной линии включают достижение наивысших показателей эффективности производственной деятельности в условиях актуальной конъюнктуры международного рынка контейнерных перевозок, в соответствии с инвестиционными планами, действующей международной нормативно-правовой базой и процессами государственного регулирования сферы линейного судоходства.

Оптимизация производственной деятельности в направлении эффективности эксплуатации активов может быть воплощена в форме различных сценариев, зависящих от состояния спроса и предложения международного рынка контейнерных перевозок.

Объем спроса сегментов международного рынка контейнерных перевозок оценивается с учетом потребности ведущих мировых производственных кластеров и потребительских рынков, прогнозируемых изменений потребления продукта контейнерной перевозки.

На основании анализа внешней среды (спроса и предложения) судоходная линия вырабатывает политику достижения приоритетной стратегической цели путем решения двух взаимосвязанных задач.

Первая задача судоходной линии представляет собой определение оптимальной структуры и объема производственных мощностей. Регулирование производственной мощности производится по итогам анализа состояния глобального спроса и предложения международного рынка.

Исходя из действующих тенденций, можно констатировать преобладающий рост потребности в освоении приоритетных регионов для эксплуатации внедряемого или находящегося в процессе строительства контейнерного флота.

Принятие решения о наиболее оптимальной структуре и объеме производственных мощностей производится совместно с выбором регионов присутствия судоходной линии.

Второй задачей является дальнейшее распределение производственной мощности между приоритетными регионами международного рынка контейнерных перевозок, включая расширения деятельности или смену текущих регионов присутствия, выход в новые сегменты мирового рынка.

Таким образом, по итогам решения двух представленных задач спрос и предложение продукта контейнерной перевозки приходят в сбалансированное

состояние, что обеспечивает достижение эффективности производственной деятельности.

Дополнительный инфраструктурный резерв пропускной способности, создаваемый производственной мощностью судоходной линии, стимулирует снижение себестоимости транспортной составляющей внешнеэкономической деятельности, рост конкурентоспособности локального производства, сопутствующее увеличение объемов внешней торговли и, соответственно, объемов мультимодальных перевозок региона, генерирующих прибыль организаций транспортного комплекса.

#### *Список литературы*

1. Лимонов Э.Л. Внешнеторговые операции морского транспорта и мультимодальные перевозки. – СПб.: Информ. центр «Выбор». 2003. 254 с.
2. Бауэрсокс Д., Клосс Д. Логистика. Интегрированная цепь поставок. – М.: Олимп-Бизнес. 2008. 640 с.
3. Сток Д.Р., Ламберт Д.М. Стратегическое управление логистикой. – М.: Инфра-М, 2005. 828 с.
4. Степанов А.Л. Эволюция портов и экспедиторской деятельности – основа транспортной логистики. Сборник статей «Эксплуатация морского транспорта». Вып. 4 (50), СПб. ГМА им. адм. С.О. Макарова. 2007.

УДК 517.958:004.42 (076)

### **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ**

*Трофимец Елена Николаевна* – кандидат педагогических наук, доцент

*Морозова Евгения Юрьевна*

*ФГБОУ ВО Санкт Петербургский университет ГПС МЧС России*

*Аннотация.* Статья посвящена решению проблемы нахождения оптимального маршрута, минимизирующего затраты на проезд по проверяемым объектам для инспектора Государственного пожарного надзора путем решения поставленной задачи, как задачи линейного целочисленного программирования.

*Ключевые слова:* задача коммивояжера, ориентированный граф, алгебра логики, оптимальное решение.

### **COMPUTER SIMULATION OF THE TRAVELING SALESMAN PROBLEM IN THE ACTIVITIES OF THE DEPARTMENTS OF EMERCOM OF RUSSIA**

*Trophimets Elena N.* – PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor

*Morozova Evgeniya U.*

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

*Abstract.* The article is devoted to a solution, findings of the optimum way minimizing costs of driving through the Leningrad region inspector of State fire supervision an objective solution as problems of linear integer programming Examines the use of the traveling salesman problem in the tax office.

*Keywords: the article is devoted to a solution, a directed graph, algebra logic, the optimal solution.*

В XXI пробки на дороге стали неотъемлемой частью современных городов, в особенности это касается мегаполисов. Даже трудно себе представить, что можно свободно добраться до работы в час пик, не потратив при этом очень много времени. С данной проблемой сталкивается огромное количество людей. Проанализируем ее на перемещении инспектора Государственного пожарного надзора (ГПН) по Адмиралтейскому району г. Санкт-Петербурга, с целью контроля за соблюдением требований пожарной безопасности и пресечения их нарушений и возвращении его в точку отправления, то есть в Главное управление МЧС России по Санкт-Петербургу.

Главной особенностью данной работы является определение оптимального пути коммивояжера. В роли коммивояжера мы будем рассматривать инспектора ГПН.

Инспектор Государственного пожарного надзора – должностное лицо Государственной противопожарной службы, наделённое в соответствии с действующим законодательством и нормативными правовыми актами Государственной противопожарной службы полномочиями по осуществлению государственного пожарного надзора. Его функциями является учет объектов надзора, проведение проверок на объектах надзора, расположенных на обслуживаемой территории, дознание по делам о пожарах на соответствующей территории, лицензионный контроль за соблюдением лицензиатом лицензионных требований и условий и т.д.

Данную проблему мы рассмотрим и попытаемся решить с помощью комбинаторной оптимизации. Для начала определим наиболее важные критерии выгодного маршрута: минимизация расхода времени для перемещения инспектора через указанные объекты, по одному разу, с последующим возвращением в исходный объект пункт и маршрут должен проходить через один объект только один раз. В этом случае нужно использовать гамильтонов цикл, но, прежде всего, разберемся, что же такое граф.

Выбранная тема о нахождении оптимального пути инспектора ГПН, минимизирующего стоимость проезда контрольных объектов назначения по Адмиралтейскому району крайне актуальна в наши дни.

В исследовании представлены пути решения задачи коммивояжера посредством алгебры логики, модифицированного алгоритма перебора, реализованного в MS Excel.

Для решения поставленной задачи необходимо построить ориентированный граф, обладающий циклическим маршрутом. Для начала составим сводную таблицу 1 данных о перемещении инспектора ГПН по определенным объектам Адмиралтейского района.

В качестве проверяемых объектов за инспектором ГПС по Адмиралтейскому району закреплены:

- Объект № 1 – Жилой многоквартирный дом ООО «Жилком сервис»;
- Объект № 2 – Детская библиотека;
- Объект № 3 – Центр «Адмиралтейский»;
- Объект № 4 – Школа интернат № 2;
- Объект № 5 – Гимназия № 272;
- Объект № 6 – Школа № 278.

Предположим, что инспектор осуществляет перемещение на Renault Koleos, следовательно, необходимо рассчитать расход топлива и потраченных средств во время перемещения. Расход топлива составляет 12 литров на 100 км, 1 литр 95 бензина стоит 37,45 руб. Путем простейших математических действий мы рассчитали объем затраченного топлива и его стоимость на 1 км:  $37,45 \cdot 0,12 = 4,494$  цена топлива на 1 км.

Таблица 1 – Расстояние между объектами, км

|            | Объект № 1 | Объект № 2 | Объект № 3 | Объект № 4 | Объект № 5 | Объект № 6 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Объект № 1 | 0          | 7,6        | 6,8        | 10         | 7,6        | 8,8        |
| Объект № 2 | 7,6        | 0          | 1,7        | 3,1        | 0,67       | 0,23       |
| Объект № 3 | 6,8        | 1,7        | 0          | 3,2        | 1,5        | 2,3        |
| Объект № 4 | 10         | 3,1        | 3,2        | 0          | 2,7        | 1,4        |
| Объект № 5 | 7,6        | 0,67       | 1,5        | 2,7        | 0          | 1,1        |
| Объект № 6 | 8,8        | 0,23       | 2,3        | 1,4        | 1,3        | 0          |

Оптимальным способом решения задачи коммивояжера станет метод алгебры логики. Решение задачи будет рассматриваться в Microsoft Excel [1-3].

Итак, для начала перенесем таблицу с расстояниями между объектами на рабочий лист Microsoft Excel, а затем создадим матрицу стоимостей (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2 – Стоимость проезда, руб

|            | Объект № 1 | Объект № 2 | Объект № 3 | Объект № 4 | Объект № 5 | Объект № 6 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Объект №1  | 0,000      | 34,154     | 30,559     | 44,940     | 34,154     | 39,547     |
| Объект № 2 | 34,154     | 0,000      | 7,640      | 13,931     | 3,011      | 1,034      |
| Объект № 3 | 30,559     | 7,640      | 0,000      | 14,381     | 6,741      | 10,336     |
| Объект № 4 | 44,940     | 13,931     | 14,381     | 0,000      | 12,134     | 6,292      |
| Объект № 5 | 34,154     | 3,011      | 6,741      | 12,134     | 0,000      | 4,943      |
| Объект № 6 | 39,547     | 1,034      | 10,336     | 6,292      | 5,842      | 0,000      |

Кроме  $n!$  допустимых гамильтоновых контуров существует множество неполных контуров, которые охватывают лишь определенные группы объектов и вместо одного полного контура можно получить несколько неполных контуров с общей минимальной длиной.

В таком случае формируется дополнительная, почти ручная, процедура, которая последовательно «разбивает» частичные контуры, заставляя модель отыскивать более крупные объединения вплоть до полного контура.

Вследствие этого мы ввели дополнительную систему ограничений, выраженную формулой:  $z_i - z_j + (n - 1)x_{ij} \leq (n-2)$ , где вектор  $Z = \{z_i\}$  –  $n$ - искомых произвольных чисел, которые гарантируют запрет образования неполных циклов, «расплатой» за это является существенное увеличение размеров задачи,  $z_j = z$ .

|    |                           |           |   |           |           |           |           |           |
|----|---------------------------|-----------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|    | A                         | B         | C   | D         | E         | F         | G         | H         |
| 13 |                           |           |   |           |           |           |           |           |
| 14 |                           | 0,12      | требуется на 1 км.                          |           |           |           |           |           |
| 15 |                           |           |   |           |           |           |           |           |
| 16 |                           |           | Цена 1 литра топлива составляет 36,5, тогда |           |           |           |           |           |
| 17 |                           |           |   |           |           |           |           |           |
| 18 |                           | 4,494     | цена топлива на 1 км                        |           |           |           |           |           |
| 19 |                           |           |   |           |           |           |           |           |
| 20 |                           |           |   |           |           |           |           |           |
| 21 |                           |           |   |           |           |           |           |           |
| 22 |                           |           |   |           |           |           |           |           |
| 23 | <b>Матрица стоимостей</b> | Объект №1 | Объект №2                                   | Объект №3 | Объект №4 | Объект №5 | Объект №6 | Объект №7 |
| 24 | Объект №1                 | 0,00      | 34,15                                       | 30,56     | 44,94     | 34,15     | 39,55     | 0,00      |
| 25 | Объект №2                 | 34,15     | 0,00  | 7,64      | 13,93     | 3,01      | 1,03      | 0,00      |
| 26 | Объект №3                 | 30,56     | 7,64  | 0,00      | 14,38     | 6,74      | 10,34     | 0,00      |
| 27 | Объект №4                 | 44,94     | 13,93                                       | 14,38     | 0,00      | 12,13     | 6,29      | 0,00      |
| 28 | Объект №5                 | 34,15     | 3,01  | 6,74      | 12,13     | 0,00      | 4,94      | 0,00      |
| 29 | Объект №6                 | 39,55     | 1,03  | 10,34     | 6,29      | 5,84      | 0,00      | 0,00      |

Рисунок 1 – Расчет стоимости проезда

Итог вводимых ограничений объектов:

Объект № 1 – Жилой многоквартирный дом ООО «Жилком сервис»; Объект № 2 – Детская библиотека; Объект № 3 – Центр «Адмиралтейский»; Объект № 4 – Школа интернат № 2; Объект № 5 – Гимназия № 272; Объект № 6 – Школа № 278.

В таблице, представленной ниже, путем вводимых ограничений, и с помощью составленной таблицы дополнительных ограничений, через надстройку «Поиск решения» мы нашли минимальную сумму стоимости проезда коммивояжера, которая составляет 89,43 руб. (рис. 2).

Благодаря полученному решению по математической модели задачи коммивояжера в MS Excel мы составили ориентированный граф. В состав, которого входит гамильтонов цикл. Особенностью этого цикла является то, что он содержит все вершины графа. Анализируя решение задачи, делаем вывод, что оптимальным маршрут инспектора ГПН будет в том случае, если он начал свой путь с объекта «1».

Путь инспектора ГПН представим схематически: 1→3→4→6→2→5→1.

|    |                        |           |           |                       |              |           |           |
|----|------------------------|-----------|-----------|-----------------------|--------------|-----------|-----------|
| 33 |                        |           |           |                       |              |           |           |
| 34 | <b>Матрица объезда</b> | Объект №1 | Объект №2 | Объект №3             | Объект №4    | Объект №5 | Объект №6 |
| 35 | Объект №1              | 0         | 0         | 1                     | 0            | 0         | 0         |
| 36 | Объект №2              | 0         | 0         | 0                     | 0            | 1         | 0         |
| 37 | Объект №3              | 0         | 0         | 0                     | 1            | 0         | 0         |
| 38 | Объект №4              | 0         | 0         | 0                     | 0            | 0         | 1         |
| 39 | Объект №5              | 1         | 0         | 0                     | 0            | 0         | 0         |
| 40 | Объект №6              | 0         | 1         | 0                     | 0            | 0         | 0         |
| 41 | <b>Вход</b>            | 1,0       | 1,0       | 1,0                   | 1,0          | 1,0       | 1,0       |
| 42 |                        |           |           |                       |              |           |           |
| 43 |                        |           |           |                       |              |           |           |
| 44 |                        |           |           | <b>Стоимость (ЦФ)</b> | <b>89,43</b> |           |           |
| 45 |                        |           |           |                       |              |           |           |

Рисунок 2 – Решение через надстройку «Поиск решения»

Рассмотренная математическая задача коммивояжера, вышла из сферы интеллектуальных задач и выполняет роль «локомотива» в компьютерной индустрии.

Предполагаемый масштаб использования решения по математической модели задачи инспектора ГПН может быть как малой размерности (что и было рассмотрено в статье) так и большой.

В данном проекте реализована интеграция основ дискретной математики, линейной алгебры и информационно-коммуникационных технологий. Задача коммивояжера относится к классу задач оптимизации и дискретного программирования.

Разработанный алгоритм позволяет составить оптимальный маршрут (или по критерию времени, или по критерию стоимости) передвижения инспектора ГПН по проверяемым объектам. Алгоритм является универсальным и реализован на программном уровне в среде табличного процессора MS Excel, что позволяет его использовать во всех подразделениях МЧС России без привлечения программистов для разработки специального программного обеспечения. Такой алгоритм решения задачи коммивояжера является модифицированным и, в отличие от известных методов, использует оригинальные эвристические правила просмотра вершин и ряд дополнительных ограничений, позволяющих сократить пространство поиска. Полученная математическая модель может быть использована для решения других задач МЧС России, а именно: доставка пожарных рукавов к местам тушения пожаров; передвижение АМГ по объектам стихийных бедствий.

#### *Список литературы*

1. Трофимец Е.Н., Смирнов Е.И. Построение и анализ оптимизационных моделей экономики в обучении математике с использованием компьютерных технологий // Научный журнал Ярославский педагогический вестник. 2011. № 2. Серия «Естественные науки». ЯГПУ. С. 38-52.

2. Трофимец Е.Н. Компьютерное моделирование в образовательном процессе студентов - экономистов // Ежемесячный научно-методический журнал "Информатика и образование". 2008. № 7. С. 118-119.

3. Трофимец Е.Н. Информационные технологии математического моделирования в экономических вузах // Образовательные технологии и общество. 2012. Т. 15. № 1. С. 414-423.

УДК 656, 007; 004.81, 614.8; 007; 51-7, 351; 351.81; 351.78

## **СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРЕЖДЕНИЯ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ В МЕГАПОЛИСЕ**

*Селиверстов Ярослав Александрович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий*

*Селиверстов Святослав Александрович – научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий*

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

*Аннотация. Производится формальное построение модели интеллектуального городского анализатора транспортно-логистической и социально-экономической мобильности, посредством которого осуществляется переход к*

персонализируемому рекомендательному управлению населением. Функциональное наполнение системы опирается на условия достоверной мобильности.

Ключевые слова: анализ данных, умный город, умная мобильность, интеллектуальная система транспортной безопасности.

## INTELLIGENT SYSTEM PREDICTION CAUSES OF ACCIDENTS IN THE CITY

*Seliverstov Yaroslav A. – Ph.D., senior researcher, Laboratory of problems of development of transport systems and technologies*

*Seliverstov Svyatoslav A. – researcher, Laboratory of problems of development of transport systems and technologies*

*Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

Abstract. *The model of intelligent urban analyzer of transport, logistics and socio-economic mobility (GATLOSEMI) are presented here. Personalized recommendation control of people by using GATLOSEMI is described here. Functions of GATLOSEMI comply with the terms of valid mobility.*

Keywords: *data analysis, smart city, smart mobility, intelligent transport safety system.*

Прогрессивное устойчивое развитие густонаселенных городских агломераций и мегаполисов существенно замедляется под воздействием нарастающих факторов региональной логистической дестабилизации [1,2].

Традиционное городское и региональное управление требует ускоренного перехода к качественно новым системам класса «Умный город» или «Smart City» [3,4], способным интеллектуализировать городскую среду [5,6].

Системы, способные производить интеллектуальный анализ городских транспортно-логистических процессов и удерживать характеристики объектов управления в оптимально- и допустимо-устойчивых областях, будем называть городскими анализаторами транспортно-логистической и социально-экономической мобильности населения интеллектуальными (ГАТЛОСЭМИ) [7,8].

Городскую социально-экономическую и транспортно-логистическую мобильность жителя будем называть логистической мобильностью.

Функциональное наполнение системы ГАТЛОСЭМИ опирается на аналитически выведенные в [9] условия достоверной мобильности, обуславливающие наличие функций идентификации, аутентификации, местоопределения и распознавания состояний подвижных и стационарных объектов городской транспортной системы (ГТС).

Зададим формальную модель ГАТЛОСЭСМИ набором функционалов, согласно (1):

$$\Phi^{\Gamma} = \left\langle \begin{array}{l} \mathcal{E}^{\Gamma}; \hat{F}_N; \hat{F}_C; \hat{F}_T; \hat{F}_R; \\ \hat{F}_\Psi^D; \hat{F}_A; \hat{F}_\Xi; \hat{R}; C_{\mathcal{E}^{\Gamma}}; U^{\Gamma} \end{array} \right\rangle_T \quad (1)$$

где  $\hat{F}_N: \mathcal{E}^{\Gamma} \rightarrow N$  - функционал идентификации элементного множества  $\mathcal{E}^{\Gamma}$ , который каждому объекту из  $\mathcal{E}^{\Gamma}$  ставит в соответствие идентификатор или набор идентифика-

торов из множества  $N$ ;  $\hat{F}_C : \mathcal{E}^\Gamma \times I^\Gamma \rightarrow CH$  – функционал характеристической параметризации элементного множества  $\mathcal{E}^\Gamma$ , который каждому объекту из  $\mathcal{E}^\Gamma$  с уникальным номером из  $I^\Gamma$  ставит в соответствие наборы характеристик, присущих данному объекту, таких что  $CH = \left\{ ch_{\pi^c}^{\mathcal{E}^c}, \pi = 1, \dots, N_\pi \right\}$  – множество характеристик элементов  $\mathcal{E}^\Gamma$ , причем  $ch_{\pi^c}^{\mathcal{E}^c}$  задается кортежем  $ch_{\pi^c}^{\mathcal{E}^c} = \langle name, \{value\} \rangle$ , где name – имя  $\pi$  – й характеристики,  $\{value\}$  – область допустимых значений, которая задается перечислением этих значений, интервалом или функционально, с помощью правил вычисления (измерения) и оценки;  $\hat{F}_T : \mathcal{E}^\Gamma \rightarrow \left[ \tau_T^{def} \vee (\tau_T; \tau_{T+1}) \right]$  – временной оператор, который каждому объекту из  $\mathcal{E}^\Gamma$  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, а  $(\tau_T; \tau_{T+1}) \in T$  – определенный интервал времени;  $\hat{F}_A : (\mathcal{E}^\Gamma; I^\Gamma) \rightarrow A$  – агентное отображение, которое каждому объекту из городской системы  $\mathcal{E}^c \in \mathcal{E}^\Gamma$  со множеством идентификаторов  $I^{\mathcal{E}^c}$  ставит в соответствие агента из  $a_i \in A$ ;  $\hat{F}_\Xi = \left\{ \Xi_A^L; \Xi_I^L; \Xi_P^L \dots \right\}$  – функционал интеллектуального анализа графов логистического поведения населения, реализуемый через процедуры абдуктивного  $\Xi_A^L$  и индуктивного  $\Xi_I^L$  выводов и вероятностного анализа  $\Xi_P^L$ ;  $\hat{R} = OCH \cup ACH \cup FCH$  – регламентирующая область логистического поведения населения, включающая область оптимально-устойчивых  $OCH$ , допустимо-устойчивых  $ACH$  и неустойчивых значений  $FCH$  характеристик населения  $CH$  и их поведение  $B_I(\mathcal{E}_I^\Gamma)$ ;  $C_{\mathcal{E}^\Gamma} = (C_A \vee C_F) \vee \wedge C_{\mathcal{E}^\Gamma}^{HSB}$  – регулирующие воздействия ГАТЛОСЭМИ, состоящие из воздействий  $C_A$  рекомендательного,  $C_F$  принудительного и  $C_{\mathcal{E}^\Gamma}^{HSB}$  девиантного управлений;

$U^\Gamma = U^\Gamma \left( CH_U^{\mathcal{E}^\Gamma} \right) = \left\{ u_{\mathcal{E}^c}^{\mathcal{E}^c} \left( \left\{ ch_{\pi^c}^u \right\} \right) \right\}$  – целевая функция управления логистическим поведением населения (или функция полезности), зависящая от субъективных характеристик управления  $\left\{ u_{\mathcal{E}^c}^{\mathcal{E}^c} \left( \left\{ ch_{\pi^c}^u \right\} \right) \right\}$  каждого жителя;  $T$  – множества моментов или интервалов времени.

Тогда целевой функционал ГАТЛОСЭМИ запишем в виде (2):

$$\Phi = \lim_{\substack{B_i(\mathcal{E}_i^\Gamma) \rightarrow B_i^{Pref}(\mathcal{E}_i^\Gamma) \\ C_{\mathcal{E}^\Gamma}: OCH \subseteq CH^\Gamma \subseteq ACH}} U^\Gamma = \max U^\Gamma = U_{Pref}^\Gamma \quad (2)$$

где  $U_{Pref}^\Gamma$  - функция оптимального или предпочтительного управления, максимизирующая полезность жителя.

Функция полезности принимает максимальное значение  $U^\Gamma = \max U^\Gamma$  в том случае, когда характеристики индивидуального поведения лежат в области оптимально – *OCH* и/или допустимо – *ACH* устойчивых значений, а само поведение является предпочтительным  $B_t^{Pref}(\mathcal{E}_I^\Gamma)$ , т.е. не приближается к потенциально-опасным шаблонам. Функционально-операторную схему ГАТЛОСЭМИ представим на рис. 1.

Рекомендательное управление поведением населения в формальном изложении примет следующий вид:

$$\mathcal{E}^\Gamma; B_t(\mathcal{E}_I^\Gamma); CH; \hat{F}_M; \hat{R} \exists C_{\mathcal{E}^\Gamma} = \begin{cases} OCH \leq |CH_{def}| \leq \overline{OCH} \rightarrow \langle \emptyset; \max U^\Gamma \rangle \\ ACH \leq |CH_{def}| \leq \overline{ACH} \rightarrow \langle C_A; U^\Gamma \rightarrow \max U^\Gamma \rangle \\ FCH \leq |CH_{def}| \leq \overline{FCH} \rightarrow \langle C_F; U^\Gamma \rightarrow \max U^\Gamma \rangle \\ \lim_{B_t(\mathcal{E}_I^\Gamma) \rightarrow HSB_t(\mathcal{E}_I^\Gamma)} C_{\mathcal{E}^\Gamma} = C_{\mathcal{E}^\Gamma}^{HSB} \end{cases} \quad (3)$$

где  $C_A$  – регулирующее информационное упреждающее воздействие системы рекомендательного управления;  $C_F$  – регулирующее информационное упреждающее воздействие системы принудительного управления;  $C_{\mathcal{E}^\Gamma}^{HSB}$  – регулирующее информационное упреждающее приближение индивидуального поведения жителя к потенциально-опасному шаблону.

Под приближением индивидуального поведения жителя к потенциально-опасному шаблону будем понимать наличие в динамическом графе логистического поведения жителя потенциально опасных шаблонов из *LPDP*, согласно (4):

$$\Gamma_{\mathcal{E}_{ic}^2}^{date}(V_{\hat{F}_c}; T) \cap LPDP \rightarrow \begin{cases} = \emptyset, B_t(\mathcal{E}_{i,c}^2) \nrightarrow HSB_t(\mathcal{E}_{i,c}^2) \\ \neq \emptyset, B_t(\mathcal{E}_{i,c}^2) \rightarrow HSB_t(\mathcal{E}_{i,c}^2) \end{cases} \quad (4)$$

где  $\Gamma_{\mathcal{E}_{ic}^2}^{date}(V_{\hat{F}_c}; T)$ ,  $B_t(\mathcal{E}_{i,c}^2)$  – логистическое поведение жителя  $\mathcal{E}_{ic}^2$ ; *LPDP* – кодифицированная библиотека потенциально-опасных шаблонов логистической деятельности городского населения, где  $HSB_t(\mathcal{E}_I^\Gamma)$  – потенциально-опасное поведение, которое может привести к вхождению характеристик индивидуального поведения жителя в область неустойчивых значений.

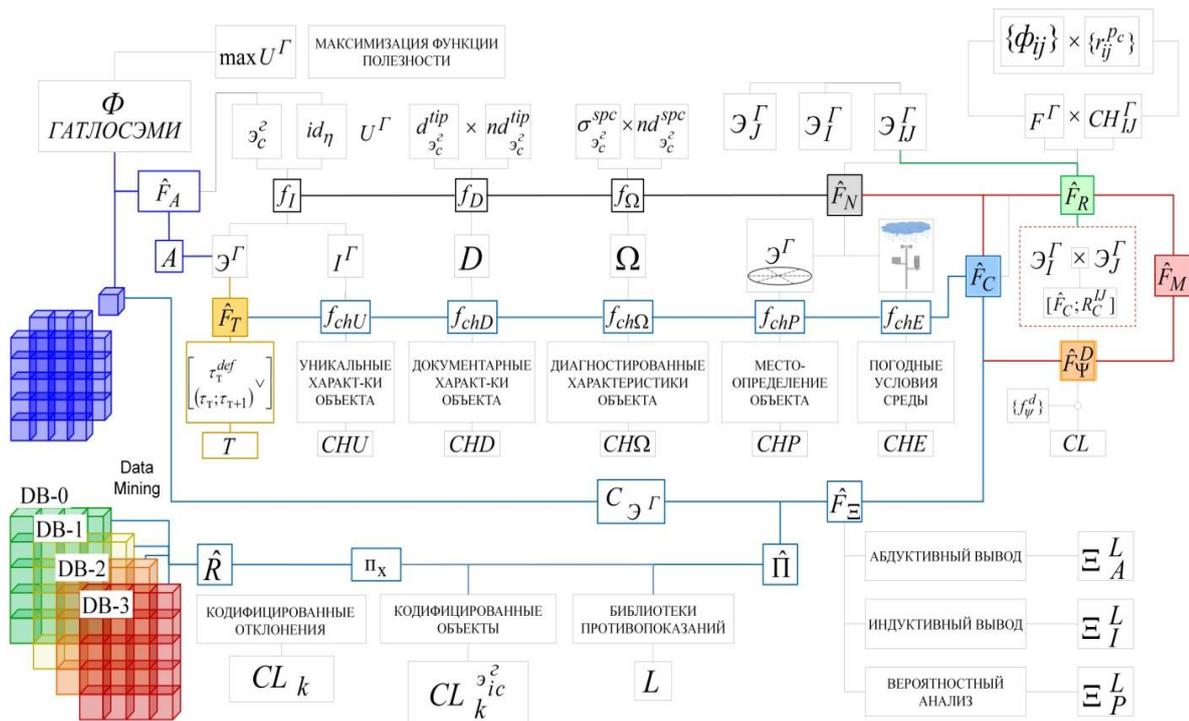


Рисунок 1 – Функционально-операторная схема системы ГАТЛОСЭМИ

Представленная модель рекомендательного управления индивидуальным поведением жителя реализует функцию режима профилактики возникновения широкого класса потенциально-опасных ситуаций в городской системе, в том числе с выявлением причин девиантного поведения.

Упрощенно работа ГАТЛОСЭМИ в режиме информационного упреждения потенциально-опасного шаблона поведения городского жителя представлена на рис. 2. Представлена ситуация, когда городской житель, имеет нестабильную стенокардию (I20.0 по МКБ) и хронический бронхит неуточненный (J42 по МКБ). Библиотека товарных противопоказаний для этого жителя имеет вид: LGC (МКБ-10 ОКП) = ОКП 919316 (Табак соусированный и ароматизированный); а библиотека противопоказанных видов потребительской деятельности для него имеет вид: LNC (МКБ-10 LHN) = «употребление табака». В момент совершения покупки ему и продавцу приходит первое информационное уведомление, информирующее о противопоказаниях. В случае, если пользователь, имеющий девиантное поведение нулевого класса, проигнорирует первое информационное упреждение, то ему будет присвоен первый класс девиантного поведения.

В случае если городской житель продолжит продвижение по потенциально-опасному шаблону и приступит к «употребление табака», ему приходит второе информационное уведомление. В том случае, если пользователь проигнорирует второе информационные упреждение, то ему будет присвоен второй класс девиантного поведения.

В случае если пользователь после курения кальяна попытается приступить к управлению транспортным средством, ему будет направлено третье информационное упреждение. В том случае, если пользователь проигнорирует третье информационные упреждения, то ему будет также присвоен второй класс девиантного поведения.

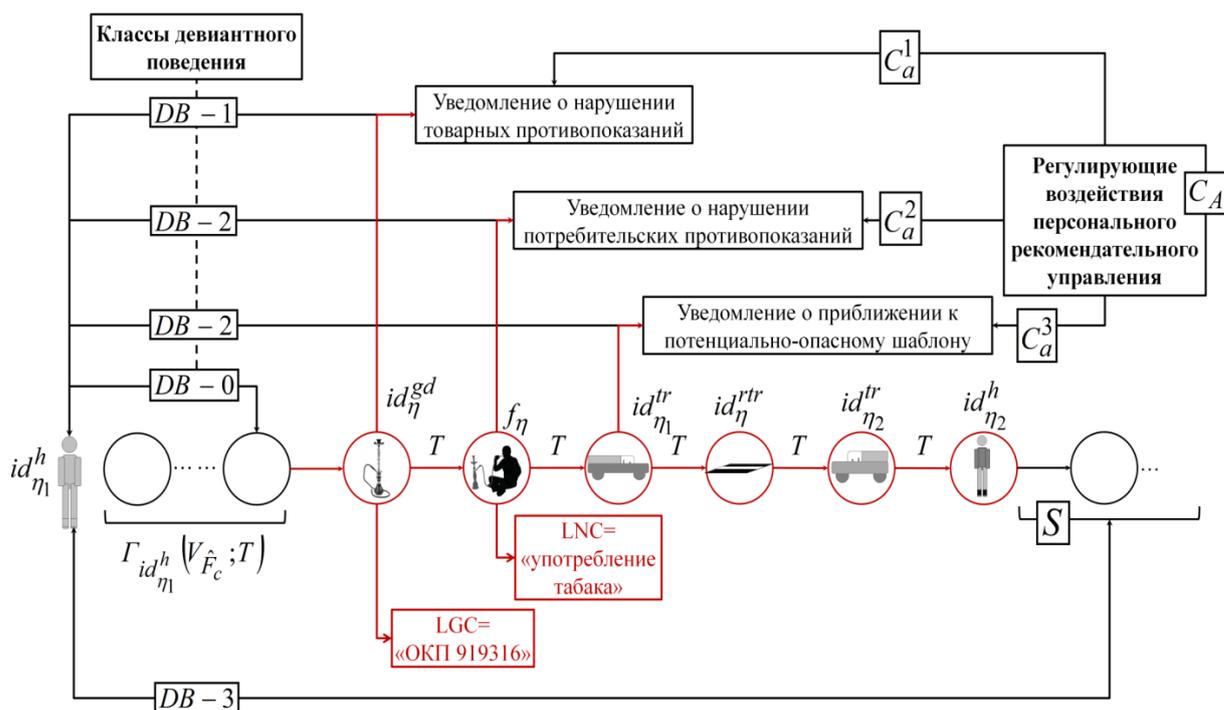


Рисунок 2 – Выдача регулирующих воздействий рекомендательного управления пользователю

В случае если пользователь совершит административное правонарушение, реализовав потенциально опасный шаблон, ему будет присвоен третий класс девиантного поведения.

В случае если пользователь совершит уголовное правонарушение, реализовав потенциально опасный шаблон, ему будет присвоен четвертый класс девиантного поведения.

Данный пример наглядно раскрывает работу системы класса ГАТЛОСЭМИ на режиме информационного персонального упреждения городского жителя.

Диагностика девиантной социально-экономической и потребительской деятельности с кодификацией причин возникновения неблагоприятных социальных исходов и стилей поведения городского населения в режиме реального времени способна разрешить проблему профилактики причин возникновения неблагоприятных социальных исходов посредством информационного персонального упреждения.

Последнее открывает дорогу к совершенствованию существующих технологий анализа и моделирования транспортно-логистических процессов и ведет к построению интеллектуальных городских интегрированных систем бесконтактного распознавания, дознания, расследования и упреждения широкого класса преступлений.

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. Беликин В.В. Террористические угрозы безопасности больших городов в современных условиях // Пробелы в российском законодательстве. 2012. № 1. С. 166-169.
2. Александров А. Г. Особенности раскрытия преступлений по горячим следам // Вестник КРУ МВД России. 2014. № 2 (24). С. 59-62.

3. Young Im Cho. Designing Smart Cities: Security Issues. Computer Information Systems and Industrial Management Volume 7564 of the series Lecture Notes in Computer Science. 2012. pp 30-40.

4. S. Sivagurunathan, A. Sebastian, K. Prathapchandran. Internet of Things for Developing Smart Sustainable Cities (SSC): A Security Perspective. Connectivity Frameworks for Smart Devices Part of the series Computer Communications and Networks. 2016. P. 307-331.

5. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности. Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 1-13.

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

7. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Использование систем класса ГАТЛО-СЭМИ 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.

8. Селиверстов Я.А. О построении модели классификации межагентных отношений социально-экономического поведения городского населения в системах управления транспортными потоками мегаполиса // Интернет-журнал Науковедение. 2014. № 5. С. 188.

9. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А., Стариченков А.Л. Особенности построения системы городского транспортно-логистического мониторинга // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета ЛЭТИ. 2015. Т. 1. С. 29-36.

УДК 338.47: 625.7: 656

## **МЕРИДИОНАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ КОРИДОР ЕВРАЗИИ**

*Бобрик Петр Петрович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им Н.С. Соломенко Российской академии наук*

*Аннотация.* Рассматриваются вопросы развития транспортной сети в Центральной Азии. Используется широтно-меридиональный подход при формировании опорного транспортного каркаса региона. Теоретически обосновывается необходимость создания меридионального транспортного коридора вдоль восточного Каспия до Индийского океана.

*Ключевые слова:* транспортный коридор, широтно-меридиональная регулярная сеть, Восточный Каспий.

## **MERIDIONAL TRANSPORT EURASIA TRANSPORT CORRIDOR**

*Bobrik Petr Petrovich – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, senior researcher, Solomenko Institute for Transport Problems of Russian Academy of Sciences*

*Abstract.* Questions of development of transport network in Central Asia are considered. Latitude-meridional approach when forming a basic transport framework of the region is used. Theoretically need of creation of a meridional transport corridor along east Caspian Sea to the Indian Ocean is proved.

*Keywords: transport corridor, latitude – meridional regular network, east Caspian Sea.*

**Введение.** Обнародование Китаем планов по развитию транспортных маршрутов в рамках проекта Великого Шелкового пути сделало особенно актуальным и потребовало ускорения проектирования комплексного транспортно-коммуникационного каркаса центральных областей Евразии. Несогласованное строительство разными странами транспортных коридоров, скорее всего, приведет к дублированию отдельных направлений и к дополнительным расходам. И, следовательно, к неэффективной схеме транспортных коммуникаций, что начнет тормозить социально-экономическое развитие всего региона.

По своему типу маршруты Великого шелкового пути являются широтными, ориентированными на экспорт китайских товаров в страны Европы. Тем самым они в одиночку не могут формировать полную транспортную сеть региона, без чего невозможно достижение высокоэффективных перемещений суммарно по всей территории.

Как известно из теории, площадные сети должны иметь регулярный вид. Наиболее простой регулярной сетью является квадратная сеть, которая в масштабах регионов часто называется широтно-меридиональной. В настоящее время в Центральной Азии такая сеть еще не сформирована, что поднимает задачу ускорения ее создания. Для этого требуется дополнить китайские пути меридиональными маршрутами.

#### **Трансевразийский меридиональный транспортный коридор**

В настоящее время в Евразии вообще, и в Центральной Азии в частности, очень слабо представлены меридиональные транспортные коридоры. Отчасти это сложилось исторически, но есть и объективные физические причины, препятствующие их возникновению. Вдоль всей Азии сплошной цепью протянулся пояс гор. Он начинается в Турции, далее переходит на Иран, Памир и Алтай, Гиндукуш и Гималаи, Саяны, Хинган. Их пересечение возможно только вдоль долин и отдельных перевалов.

Горные территории крайне недружелюбны для любых перемещений. Наличие перепадов высот приводит к необходимости повышения мощности двигателей и расхода энергии на километр чистых перемещений. Также это является препятствием для спрямления отдельных участков дорог. Поэтому нигде на земле нет высокой плотности населения в высокогорных районах. Движение по ним возможно, но они не могут быть быстрыми и дешевыми. Т.е. имеются значительные физические препятствия для организации высокоэффективного транспорта по меридиональным направлениям Азии.

Но потребность в полноценном меридиональном коридоре высокая, и надо изыскивать возможности. В этом отношении организация мультимодального коридора по восточному побережью Каспия и далее через Иран является уникальной возможностью. С географической точки зрения это, пожалуй, единственный вариант меридионального коридора во всей Евразии, поскольку любые прочие трассировки приводят к необходимости преодоления значительных расстояний по горным территориям с высокими перепадами высот.

Возможно продолжение коридора на север вплоть до Архангельска. Пока для этого недостаточно трафика. Но если прогнозы о наступлении всемирного потепления сбудутся и откроется круглогодичная навигация по северному ледовитому океану вдоль побережья России, то этот коридор станет действительно евразийским. Организация этого коридора должна стать стратегической целью для России.

Про эту возможность также известно давно. В советское время интенсивно осуждался коридор Урал-Иран, который по своим характеристикам был очень похож на этот меридиональный коридор, хотя и проектировался исходя из совершенно других соображений.

### **Геополитическое направление к теплым морям**

Одной из основных геополитических задач России во все времена было движение на юг к теплым морям. Это позволило бы решить сразу несколько важных задач.

Прежде всего, это получение беспрепятственного выхода к незамерзающим зимой портам, что является необходимым условием для полноценного вхождения в международную морскую торговлю. Т.е. получение доступа к наиболее выгодному виду экономических коммуникаций в наше время.

В настоящее время Россия не имеет прямого выхода на мировой океан с южных направлений. На черном море нас блокируют турецкие проливы. На балтийском море Дания со Швецией. А с Владивостока Япония и Корея. В результате наши подводные атомоходы с Кольского полуострова вынуждены проходить дополнительный длительный путь только для того, чтобы обозначить свое присутствие в мировом океане.

Движение на юг позволило бы расширить диверсификацию сельскохозяйственного производства. В настоящее время из-за климатических условий мы обречены покупать такие колониальные товары как кофе, какао, бананы, отчасти сахар, т.е. товары, которые образуют одни из крупнейших сырьевых товарных рынков в мире. Эти закупки составляют значительную долю российского импорта. Выход непосредственно на рынки этих товаров позволит избавиться от подобной зависимости, или, по крайней мере, существенно их ослабить.

В этом отношении увеличение кооперации в различных областях с Ираном крайне полезно для России. А гипотетический выход России в Индийский океан через Иран в этом отношении существенно изменил бы общую геополитическую обстановку на планете. И та и другая цель становится ближе, если начнет функционировать меридиональный коридор вдоль восточного побережья Каспия. Таким образом, увеличение контактов с Ираном необходимо стимулировать. В частности, максимально расширить транспортное сотрудничество с Ираном, насколько это возможно.

### **Взаимное влияние транспорта и плотности населения**

Дешевый и доступный транспорт площадного типа является мощным фактором для привлечения бизнеса и населения. В свою очередь население является экономическим стимулом для бизнеса, поскольку является основой для любого рынка сбыта товаров и услуг. Получается замкнутый самоподдерживающийся логический круг. Население предпочитает селиться там, где уже проживают люди, что приводит к неограниченному росту городов и плотности населения, пока она не начнет ограничиваться прочими факторами.

С другой стороны транспорт имеет смысл только там, где есть на него спрос, т.е. где есть потребность в перемещениях. Особенно это относится к инфраструктурным проектам: дорогам, портам, аэродромам. Эффект масштаба приводит к тому, что там где проживает много людей могут выбираться в том числе и очень капиталоемкие транспортные решения. Увеличение возможности выбора приводит к возможности достигать наивысшей эффективности работы транспорта. Что в свою очередь еще больше усиливает привлекательность территории и приводит к росту плотности населения.

Наоборот, слабая населенность центральных областей Евразии, не в последнюю очередь обусловленная дефицитом водных ресурсов, является препятствием для развития инфраструктурных проектов и притока населения. Но из-за этого трафик в центральной Азии крайне низкий. Это препятствует прокладке по ним современных высокопроизводительных транспортных коридоров. В частности по этой причине Китай в последние годы существенно снизил свой интерес в продвижении в этом направлении, ограничиваясь чисто региональными транспортными проектами. А на первое место у него выходят морские коммуникации вокруг Индокитая. Сухопутные же трассы все больше тяготеют к Ирану и Турции.

Поэтому запуск меридионального коридора является важной предпосылкой для ускорения развития приморских территорий восточного Каспия, увеличения на них плотности населения. В этом отношении коридор может рассматриваться как средство и рычаг для улучшения социально-экономической ситуации в регионе.

### **Современное состояние**

Предлагаемый меридиональный коридор не противоречит законам природы, поскольку является частью оптимального транспортного каркаса в центральной Азии. Он не является волюнтаристской инициативой отдельных групп в угоду текущей конъюнктуре, и поэтому может быть рекомендован к реализации на стратегической основе. И в этом отношении он является хорошим инвестиционным проектом. Все геополитические предпосылки и условия для развития и функционирования евразийского меридионального коридора имеются. Из России могут поступать зерно, лес, продукция машиностроения. Из Индийского океана тропические сельхоз. товары, нефть, руды. Тем самым имеется большой потенциал роста транзитного трафика и ускоренного развития сопредельных к коридору территорий. Более того, все эти предпосылки имелись достаточно давно. Как минимум с 19 века. Или даже с путешествия Афанасия Никитина. Но, тем не менее, пока это только предпосылки, а сам коридор пока так и не реализовался.

В настоящее время транспорт по оси южный Урал – Иран, осуществляется преимущественно автомобильным транспортом, и то крайне незначительно и неэффективно. Практически отсутствуют современные автобаны, позволяющие перемещаться с высокой скоростью. Все сказанное отчасти верно и для железнодорожного транспорта. В 2014 году построена стратегическая железная дорога Узень – Горган, соединяющий Казахстан и Туркменистан с Ираном. Хотя она не является высокоскоростной, но даже она уже привела к росту товарооборота в разы. Хотя существуют железнодорожные ветки и по западному и по восточному побережью Каспия, но трафик по ним намного ниже потенциального.

Выше уже говорилось, про объективные физические препятствия в виде обширных полос засушливых областей и горных цепей. Так суровый климат и сильная нехватка пресной воды приводят к низкой плотности населения в Восточном Каспии. Это означает незначительный объем местного трафика, что требует дополнительный усилий по организации коридора. А на территории Ирана на пути встают горы.

Но как показывает опыт других масштабных проектов, технические возможности достаточны для их преодоления. Главным же текущим препятствием для организации транспорта являются политические причины. В настоящее время движение по основной ветке Великого шелкового пути практически невозможно из-за напряженной военной обстановки в Афганистане и приграничных к нему областей. Это не случайное стечение обстоятельств. Отчасти такая ситуация сложилась по политическим причинам. Пока нет оснований ожидать кардинального изменения ситуации к лучшему. Но что важно, сам факт снятия санкций с Ирана открывает повышенные возможности для реализации транспортных коридоров, проходящих через территорию России в меридиональном направлении.

Значение запуска этого маршрута таково, что возможно рассмотреть вопрос о субсидировании перевозок по коридору бюджетами тех стран, по которым проходит коридор. По крайней мере, на начальных этапах строительства. И Россия может быть при этом главным спонсором, поскольку организация меридионального коридора Урал – Иран является приоритетной целью России.

### *Список литературы*

1. Байсеркеев О.Н., Бугроменко В.Н. Региональная пространственно-временная среда. Алматы. 1993. 243 с.

2. Тархов С.А. Эволюционная морфология транспортных сетей. Смоленск-Москва: Универсум. 2005. 384 с.

3. Бобрик П.П. Регулярные транспортные сети // проблемы общественной географии: материалы Международной конференции. Ясная поляна. Институт географии РАН. 2011.

УДК 519.2

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Крылатов Александр Юрьевич** – кандидат физико-математических наук, доцент

**Каменская Елизавета Александровна** – бакалавр

Санкт-Петербургский государственный университет

*Аннотация.* В наши дни задачи логистики встречаются не только в транспортной сфере и промышленности, но и в сфере здравоохранения. Рациональная организация логистических процессов в медицине является очень важной задачей с точки зрения уровня обслуживания пациентов. Оптимальное распределение ресурсов непосредственно влияет на процент заболеваемости, смертности и качества работы. В настоящей работе была сформулирована математическая модель потока пациентов и описан подход распределения ресурсов в соответствии со спросом и с учетом сбалансированного использования времени на утилизацию ресурсов.

*Ключевые слова:* распределение больничных ресурсов, медицинская логистика, поток пациентов.

## SIMULATION OF LOGISTICS SYSTEMS

*Krylatov Aleksandr Ju. – PhD in Mathematics, docent*

*Kamenskaja Elizaveta A. – bachelor*

*Saint-Petersburg State University*

*Abstract.* Nowadays, the logistics can be a huge infrastructure, not only in industry but also in the health sector. The rational organization of the logistics processes in medicine is a very important task in terms of the level of patient care. The optimal allocation of resources directly affects the percentage of morbidity, mortality and quality of work. In this work has been formulated mathematical model of the patient flow and has been described the approach allocation of resources according to demand and considering a balanced use of resources at the time of disposal.

*Keywords:* the allocation of hospital resources, medical logistics, patient flow.

Исследователи в течение нескольких десятилетий пытались создать эффективную методологию планирования загрузки больниц [1-3]. На данный момент имеет место острая необходимость в срочном решении этой проблемы. Спрос на стационарное лечение существенно растет на фоне снижения государственного и частного финансирования [4,5]. В то же время постоянно возрастает стоимость узкоспециализированных и дефицитных ресурсов. А это квалифицированный и гибкий персонал, передовая клиническая и медицинская техника и оборудование, недвижимость и поставки.

Основной причиной неоптимального использования ресурсов все еще остаются исторически сложившиеся правила в больницах, которые не ориентированы на опти-

мальное использование ограниченного количества доступных ресурсов. При бесконтрольном потоке пациентов больницы сталкиваются с неуправляемым процессом балансирования между спросом на их услуги и предложением. В результате меньшее количество пациентов получает качественную медицинскую помощь при текущем уровне медицинских ресурсов, доступных современным больницам. Изменить ситуацию можно посредством применения количественных методов поддержки принятия решений в сфере здравоохранения. При этом первым шагом на пути применения методов прикладной математики является сбор и обработка статистических данных об использовании больничных ресурсов.

Исследуем возможности снижения потерь качества медицинского обслуживания из-за плохой координации различных типов больничных ресурсов посредством анализа количественных данных о логистических процессах в сфере здравоохранения [1]. Опишем две модели: первая позволяет определить потребность в ресурсах, соответствующих будущему спросу; вторая – сбалансировать ресурсы стационарных услуг.

Первая модель. Пусть  $p_{i,j,k}(t)$  – число жителей в год  $t$  возрастной категории  $i$  и половой категории  $j$ , проживающих в районе  $k$ , тогда  $x_{i,j,k,l,m}(t)$  – число пациентов в год  $t$  возрастной категории  $i$ , половой категории  $j$ , живущих в районе  $k$ , были записаны в больницу  $l$ , по причине  $m$ . Тогда число пациентов, ожидаемых в год  $t+a$  ( $a$  – параметр) в больнице  $l$  по причине  $m$ , равно:

$$PF_{l,m}(t+a) = \sum_{i,j,k} p_{i,j,k}(t+a) \times \frac{x_{i,j,k,l,m}(t)}{p_{i,j,k}(t)},$$

а количество больничных коек, требуемых в год  $t+a$  в больницу  $l$ , по причине  $m$ :

$$BR_{l,m}(t+a) = \frac{PF_{l,m}(t+a) \times LOS_{l,m}(t+a)}{365 \times \text{занятость больничных коек}},$$

где  $LOS$  – длина пребывания пациента.

Вторая модель. Пусть  $x_{i,j}(l,t)$  – число пациентов, поступивших в день  $t$  по причине  $l$  с длиной класса пребывания  $i$  и продолжительностью операции класса  $j$ . Тогда количество мест требуется в день  $t$  для специальности  $l$ :

$$B(l,t) = \sum_i \sum_{u=a_i}^0 \sum_j x_{i,j}(l,t-u),$$

где  $a_i$  – средняя продолжительность в классе  $i$ .

Количество часов, требуемых операционной в день  $t$  по причине  $l$ :

$$O(l,t) = \sum_j \sum_i x_{i,j}(l,t-v_i) \times o_j,$$

где  $v_i$  – день с длиной операции класса  $i$ ;  $o_j$  – средняя продолжительность операции класса  $j$ . Количество среднего медицинского персонала, требуемого в день  $t$  по причине  $l$ :

$$N(l,t) = \sum_i \sum_{u=a_i}^0 \sum_j x_{i,j}(l,t-u) \times n(l,u),$$

где  $n(l,u)$  – количество медицинского персонала, требуемого для приема по причине  $l$  в день  $u$  на период пребывания (функция нагрузки медицинского ухода).

Реализация обеих этих моделей требует предварительного сбора статистических данных. В свою очередь, на базе этих данных могут быть построены математические и вероятностные модели распределения больничных ресурсов. Подобные модели могут быть положены в основу интеллектуальных систем управления логистическими процессами в сфере здравоохранения. Развитие таких моделей может вестись в следующих двух направлениях:

Выбор среди альтернатив. Больницы часто сталкиваются с проблемой выбора среди множества альтернатив. Например, как следует распределить кровати между подразделениями отдела педиатрии? Естественно спросить, какой из этих альтернативных распределений лучший. Такие проблемы попадают в сферу ранжирования и отбора, для которого существует обширная литература [7]. Открытой областью исследования является применение ранжирования и процедур отбора в контексте проблем больничного ухода.

Прогноз сотрудников. Учитывая весьма колеблющийся спрос в медицинском персонале, больницы составляют плавающие расписания для своих работников. Например, медсестры с фиксированным графиком, но с работой в разных отделениях, временные медсестры и сверхурочные. Составление таких расписаний должно совершаться задолго до того, как может произойти какой-либо внеплановый сдвиг. Таким образом, хорошая модель прогнозирования может помочь в создании более эффективных решений по распределению персонала. В связи с этим, исследовательская деятельность будет заключаться в определении точности прогнозов, на основе предложенной вероятностной модели, аналог которой применяется и для транспортных систем [8].

#### *Список литературы*

1. Pierskalla W.P., Brailer D. Applications of operations research in health care delivery // Health Care Manage Sci. applications and methodology. Handbooks in OR&MS. Vol 6. North-Holland, New York. 2006. № 9. P. 391–404.
2. Pierskalla W.P., Wilson D. Review of operations research improvements in patient care delivery systems // Working paper. University of Pennsylvania. Philadelphia. 1989. № 6. P. 469-505.
3. Smith-Daniels V.L., Schweikhart S.B., Smith-Daniels D.E. Capacity management in health care services: review and future research directions // Decis Sci, 1998. № 19. P. 899–918.
4. Pierskalla W.P. Health care delivery // National Science Foundation Workshop on Engineering, the Service Sector. Atlanta. 2001.
5. Sainfort F. Where is OR/MS in the present crises in health care delivery // Institute for Operations Research and the Management Sciences. 2001 Annual Meeting, Miami.
6. Jan M.H. Vissers. Patient flow-based allocation of inpatient resources: A case study // European Journal of Operational Research. 1998. № 105. P. 356-370.
7. Bechhofer R. E., Santner T. J., Goldsman D. Design and analysis of experiments for statistical selection, screening, and multiple comparisons // New York: Wiley. 1995.

8. Крылатов А.Ю., Раевская А.П. Оптимальное расположение датчиков на транспортной сети для оценки матрицы корреспонденций // Процессы управления и устойчивость. 2015. Т. 2. № 18. С. 629-634.

УДК 519.688

## РЕАЛИЗАЦИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА В ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

*Борисов Александр Николаевич – младший научный сотрудник ФГБУН  
Институт проблем транспорта им. Соломенко Российской академии наук*

*Аннотация.* Описывается реализация имитационной модели движения транспортного динамического объекта в параллельной вычислительной системе. Многие существующие средства имитационного моделирования не в полной мере используют возможности современных вычислительных систем. В качестве примера приводится реализация алгоритма в программе моделирования движения подводного автономного транспортного средства. В заключении дается оценка прироста производительности модифицированной системы.

*Ключевые слова:* имитационное моделирование, динамический объект, подводный робот, среда моделирования, параллельные вычислительные системы.

## SIMULATION OF TRANSPORT DYNAMIC OBJECTS IN PARALLEL COMPUTING SYSTEMS

*Borisov Aleksandr N. – junior researcher, Solomenko Institute of Transport Problems  
of the Russian Academy of Sciences*

*Abstract.* Describes the simulation model of transport dynamic object in a parallel computing system. Many existing simulation tools do not fully use the capabilities of modern computer systems. As an example, we present the simulation program of autonomous underwater vehicle. In conclusion, we present an assessment of the modified system performance gains. In conclusion, we present performance estimate of the modified system.

*Keywords:* simulation modeling, dynamic object, underwater robot, simulation environment, parallel computing systems.

### **Введение**

В настоящее время автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) применяются при обзорно-поисковых подводных работах, обследовании затонувших объектов, инспекции подводных коммуникаций и сооружений, а также выполняют различные задачи военного назначения [1]. В то же время, в процессе создания подводной техники возникает множество трудностей. Разработчику приходится работать с аппаратным обеспечением, проектировать систему управления и навигации, налаживать обработку данных с различных датчиков, разрабатывать систему технического зрения.

Обычной практикой в подобных ситуациях является использование имитационного моделирования [2-4]. Сложная техническая система заменяется математической моделью, решение которой с использованием вычислительной техники позволяет получить необходимые характеристики.

Разработанная авторами [5,6] «Программа моделирования подводной видеосъемки» позволяет смоделировать видеонаблюдение подводного дна в процессе управляемого движения АНПА. При старте пользователю предлагается загрузить трехмерную модель сцены, а также ввести различные параметры робота и видеокамер, установленных на борту. Выходными данными программы является последовательность изображений с виртуальной камеры, которые доступны для дальнейшей обработки.

Однако, в связи с возрастанием количества отображаемых объектов в сцене и сложности модели движения АНПА, мы столкнулись с сильным замедлением вычислений. Анализ программы позволил выявить ее узкое место – рендеринг (визуализация) сцен.

### **Алгоритм визуализации на основе z-буфера**

Данный алгоритм является одним из простейших. Буфер кадра используется для запоминания характеристик пикселей изображения, обычно трехмерных цветовых координат. Z-буфер предназначен для запоминания глубины (дистанции до картинной плоскости) каждого видимого полигона в пространстве изображения. В процессе проецирования полигонов на экранную плоскость значение глубины каждого нового пикселя сравнивается с глубиной уже занесенной в z-буфер. Если это сравнение показывает, что новый пиксель находится ближе к плоскости проецирования, то в буфер кадра записывается новое значение освещенности, кроме того производится корректировка глубины в z-буфере. В противоположной ситуации никаких действий не выполняется. По сути, это можно назвать поиском в пространстве  $XU$  минимума  $Z(X,Y)$  [7].

Основным преимуществом алгоритма является его простота. Ведь сразу решаются две задачи, то есть удаление невидимых поверхностей и визуализация сложных пересечений фигур. Сцены в данной ситуации могут быть любой сложности. При фиксированном размере изображения, оценка трудоемкости не более чем линейна, что и является причиной его быстрого действия в отличие, например, от метода обратной трассировки лучей, в котором при усложнении сцены время вычислений вырастает гораздо быстрее. Полигоны, из которых формируется сцена, могут проецироваться на экранную плоскость в произвольном порядке. Не требуется предварительная сортировка по глубине.

Основным недостатком алгоритма можно назвать большой объем требуемой памяти и невозможность реализации эффектов полупрозрачности, теней и прочих методов достижения фотореалистичности.

### **Анализ алгоритма**

Практическая реализация алгоритма в программе моделирования подводной видеосъемки показала, что на рендеринг сцены, состоящей из 720000 полигонов, требуется около 0.5 секунд, а поскольку мы отображаем сразу два кадра со стереопары камер, то одна итерация в программе выполняется 1 секунду. Поскольку кадры в программе подвергаются дальнейшему анализу, то в целях повышения быстрого действия мы не можем пойти на снижение детализации сцены. Единственным выходом в данной ситуации видится использование параллельных вычислительных технологий.

Написание параллельных программ состоит из трех основных этапов: декомпозиция задачи на подзадачи, распределение задачи по процессорам, выбор библиотеки программирования.

Единственным пунктом алгоритма, который может быть разбит на маленькие подзадачи – это проецирование полигонов на экранную плоскость. В начале работы программы все множество полигонов равномерно распределяется между процессорами и проходят необходимую обработку. В результате работы на выходе мы получаем два готовых буфера – буфер кадра и z-буфер.

Поскольку у всех процессоров должен быть одновременный быстрый доступ к z-буферу, мы не можем использовать системы с распределенной памятью и програм-

мирование с помощью интерфейса MPI, ведь потребуется крайне интенсивный обмен сообщениями между потоками, что перечеркнет все наши выгоды от использования нескольких процессов. В системах же с общей памятью, напротив, все наши устройства смогут одновременно считывать и обновлять значения ячеек z-буфера.

Наиболее популярной технологией программирования систем с общей памятью является 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.

#### Результат модификации программы

Для оценки улучшения производительности алгоритма требуется провести тестирование на многопроцессорной системе. Мы проводили тест программы на системе с 4 процессорами, замеряя время выполнения одной итерации в различных случаях. Результаты теста приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Сравнительное время выполнения

| Количество процессоров       | 1    | 2    | 3    | 4    |
|------------------------------|------|------|------|------|
| Время выполнения итерации, с | 1.02 | 0.56 | 0.42 | 0.34 |
| Ускорение                    | 1    | 1.82 | 2.43 | 3    |

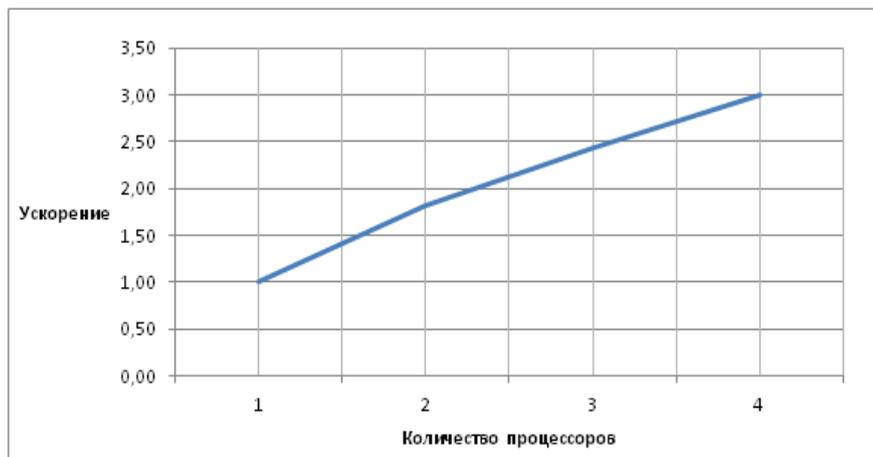


Рисунок 1 – Ускорение программы

#### Заключение

Как мы видим, даже при использовании 4 процессоров, максимальное получаемое ускорение это три. Это связано с возрастающим количеством конфликтов при обращении к общим участкам памяти, а также наличием в программе кода, который невозможно распараллелить. Дальнейшее развитие метода видится в создании такого способа организации вычислений, при котором стало бы возможным эффективное ис-

пользование алгоритма в системах с распределенной памятью (МРР), ведь именно такие системы являются рекордсменами по производительности и позволяют объединять в себе тысячи вычислительных узлов.

#### *Список литературы*

1. Автономные подводные роботы: системы и технологии / М.Д. Агеев, Л.В. Киселев, Ю.В. Матвиенко и др.; под общ. ред. акад. М.Д. Агеева. М: Наука. 2005. 398 с.
2. Имитационный моделирующий комплекс для исследовательского автономного подводного робота / Бобков В., Морозов М., Багницкий А. и др. // Научная визуализация. 2013. Т. 5. № 4. С. 47-70.
3. Борисов А.Н. Моделирование системы управления движением подводного робота в среде SubSim // Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России: материалы IV Межвузовской научно-практической конференции аспирантов, студентов и курсантов, 15-16 мая 2013 года. СПб.: ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова. 2013. С. 317-323.
4. Борисов А.Н. SubSim, как универсальное средство моделирования подводных роботов // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015: материалы Юбилейной Международной научно-практической конференции, 24-25 ноября 2015 года. СПб.: ИПТ РАН. 2015. С. 133-137.
5. Сиек Ю.Л., Борисов А.Н., Сакович С.Ю. Программа моделирования подводной видеосъемки. РОСПАТЕНТ. Свидетельство № 2015616823 от 24.06.2015.
6. Сиек Ю.Л., Борисов А.Н. Исследование погрешности определения дистанции до точек подводного дна по стереоизображению // Морские интеллектуальные технологии. 2016. Т. 1. № 2 (32). С. 64-68.
7. Компьютерная графика / Порев В.Н. СПб.: БХВ-Петербург. 2002. 432 с.

УДК 338.242.2; 338.984; 334.021.1; 656; 910.3

## **ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ РОССИИ. ТРАНСПОРТНЫЙ АСПЕКТ**

**Шаталова Наталья Викторовна** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. В данном исследовании приведены позиции рационального развития транспортной составляющей в развитии России, в соответствии с потребностями экономики и общества.

Ключевые слова: транспортные сети, единое транспортное пространство, транспортное преимущество, доступность

## **RUSSIAN SPATIAL DEVELOPMENT. TRANSPORT ASPECT**

*Shatalova Natalya V. – Ph.D., Leading Researcher of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

Abstract. In this research line items of rational development of a transport component are given in development of Russia, according to requirements of economy and society.

Keywords: transportation networks, transport space, transport benefit, availability.

Современная экономическая ситуация в России демонстрирует необходимость всесторонних изменений во всех сферах деятельности. Транспортная составляющая не является исключением.

Транспортная доступность является одним из ключевых факторов глобальной конкурентоспособности городов страны и имеет приоритет в международных транспортных связях. Транспортные коммуникации объединяют все районы страны, что является необходимым условием ее территориальной целостности, единства ее экономического пространства [1]. Они связывают страну с мировым сообществом, являясь материальной основой обеспечения внешнеэкономических связей России и ее интеграции в глобальную экономическую систему.

Транспортная деятельность является важнейшим фактором экономического роста. В данном контексте развитие национальных и мировой экономик предполагает увеличение перемещаемых в геоэкономическом пространстве потоков сырья, людей, товаров, услуг и других товаров промышленных производств. На данном этапе развития проявляется обострение противоречий между спросом на услуги и возможностями транспортной инфраструктуры. Четко идентифицировано, что спрос на транспортные услуги растет гораздо быстрее, чем совершенствуются возможности имеющейся транспортной инфраструктуры [2,3].

Разрешение большинства из этих проблем невозможно без направленного развития транспортной отрасли. Транспортная отрасль, выполняя свою главную задачу - интегрального транспортного обслуживания общества и государства для обеспечения их жизнеспособности и жизнестойкости, тесно взаимосвязана с проблемными задачами социально-экономического развития России.

Социально-экономическое развитие России можно представить в виде деятельности множества производителей и потребителей разнообразных товаров и услуг, связанных в единое целое с помощью соответствующей инфраструктуры. С системных позиций инфраструктура представляет собой геокоммуникационное многофункциональное пространство, служащее средой для формирования материальных, энергетических и информационных потоков между производителями и потребителями товаров и услуг. Одним из подпространств этого многофункционального пространства является единое транспортное пространство.

Под единым транспортным пространством будем понимать конвергенцию обустроенных для перемещения транспортных средств и транспортных инфраструктур, инфокоммуникационных систем (индустриально-транспортных) и индустриально-транспортного искусственного интеллекта. Их слаженное взаимодействие на территории земной поверхности, подземных пространств, морского пространства, речных путей и воздушного пространства формирует условия для интеллектуальной самоорганизации транспортных средств и транспортных инфраструктур и реализации интеллектуального административного управления.

Транспортные сети являются важнейшей составной частью единого транспортного пространства. Они определяют потенциальные возможности транспортной отрасли. Информационное и правовое транспортные пространства определяют степень реализации потенциальных возможностей транспортной отрасли.

При разработке проектов модернизации транспортных сетей, объединения их в единую транспортную сеть следует учитывать особенности развития современной России при нарастающей глобализации, волнообразного развития мировой экономики. При формировании единого транспортного пространства необходимо учитывать как сырьевую модель развития России, так и инновационно-технологическую.

Данные о существующих и перспективных грузопассажирских перевозках являются входными для выбора наиболее экономически и социально оправданного варианта модернизации транспортных сетей при каждом сценарии развития России. Под

социальной оправданностью в данном случае понимается необходимость обеспечения транспортной доступности для населения разных регионов страны, даже если данный вариант не самый выгодный с экономической точки зрения.

Важнейшим шагом в решении этой задачи является количественная оценка транспортного потенциала страны, ее регионов и промышленных центров. Сравнение этого потенциала с реальным и прогнозируемым состоянием дел, может стать основой для ранжирования задач модернизации транспортного пространства по важности и по времени. Результаты ранжирования целесообразно использовать при разработке планов модернизации транспортной сети, приведении ее в соответствие с современными и перспективными потребностями экономики и социальной политики, при разработке проектов реализации каждого элемента плана. Эти планы должны учитывать существующие возможности сети и финансовые ограничения на их модернизацию. Здесь необходимо найти ответы на вопросы о том, каковы должны быть изменения топологии транспортной сети, где лучше модернизировать существующие транспортные артерии, а где – строить новые, какова должна быть их пропускная способность, как согласовывать между собой сети различных видов транспорта.

Описанная методология позволит разрешить исключительно сложную и важную проблему интеграции транспортных сетей в единую общероссийскую сеть, построенную на принципах «институтов согласия», проблему взаимодействия различных видов транспорта в рамках единой транспортной системы.

Исследования ИПТ РАН в данном направлении позволяют сделать вывод о том, что важной составной частью транспортного пространства страны должны быть мультимодальные транспортные коридоры (МТК) в направлении Запад-Восток и Север-Юг.

Транспортных коридоров в направлении Запад-Восток может быть два: Северный морской путь и Транссиб с начальными пунктами в крупных логистических центрах на Западе России и конечными пунктами на тихоокеанском побережье России с ответвлениями на Казахстан, в Монголию, Корею и Китай. В дальнейшей перспективе возможен сухопутный транспортный коридор по северным областям России с выходом к Берингову проливу. Транспортных коридоров Север-Юг в перспективе также должно быть несколько: в Европейской части России, на Урале, в Западной и Восточной Сибири, на дальнем Востоке. Необходимость в последних двух коридорах обусловлена прогнозируемым формированием центров добычи полезных ископаемых, прежде всего нефти и газа, на севере Восточной Сибири и Дальнего Востока, в примыкающих к этим территориям морях [4].

В настоящее время под влиянием европейской и мировой интеграции экономики, развития научно-технического прогресса на транспорте под термином «транспортный коридор» подразумевается территория, по которой проходят одинаковой направленности пути различных видов транспорта, или совокупность этих путей, обеспечивающих связи между крупнейшими грузо- и пассажирообразующими центрами, обслуживание межгосударственных связей, то есть это особая, эффективная форма организации перевозок на международных путях.

Транспортные коридоры призваны сконцентрировать перевозки на относительно ограниченном количестве генеральных направлений, обеспечив на них высокую эффективность транспортного процесса. Эта эффективность должна быть достигнута за счет необходимого технического уровня путей и всей инфраструктуры, обеспечивающей перевозки, за счет использования современных технологий транспортного процесса [5].

С понятием «транспортный коридор» тесно стыкуются понятия «терминал» и «транспортный узел». Терминал – это логистическое предприятие, деятельность которого сосредоточена на сокращении времени транспортного процесса и затрат. «Терминал» является частью более широкого понятия «транспортный узел». Последний вклю-

чает в себя, как правило, несколько или несколько десятков терминалов, а также различную инфраструктуру обеспечивающую работу терминалов и транспорта [6-9].

Совершенные транспортные коммуникации, обеспечивающие высокие скорости сообщений и терминалы, которые благодаря прогрессивным логистическим технологиям максимально сокращают время переработки грузов в узлах, следует, вероятно, отнести к основным стационарным элементам систем транспортных коридоров, обеспечивающих эффективность их деятельности.

Создание МТК призвано повышению эффективности торговых связей в современных условиях глобализации экономики. Для России эти мероприятия являются важным шагом совершенствования транспортной системы [10-12]. Важным моментом должно стать развитие объектов для возможности мультимодальной доставки грузов, ведь создание скоростных автомобильных дорог и организация ускоренной транспортировки при создании терминалов с организацией ускоренной выгрузки и погрузки грузов, их перегрузки с одного транспортного средства на другое, должно обеспечить нужный эффект по сокращению общего времени нахождения груза в пути [13-15].

Так же для необходимости проведения согласованной политики по обеспечению эффективной эксплуатации и развития участков международных транспортных коридоров, для обеспечения оптимальных транспортно-экономических условий их функционирования, для привлечения дополнительных транзитных транспортных потоков заключаются различные международные соглашения.

В ряде стран приняты к действию государственные программы организации технологически непрерывных смешанных сообщений, которые подразумевают финансовую поддержку их участников, инвестирование строительства перегрузочных пунктов, расширение выпуска стандартных грузовых единиц, применение единых технических норм эксплуатации подвижного состава, использование экологически чистых систем перевозок и т.п.

Операторами транспортных коридоров и терминальных систем являются перевозчики магистральных видов транспорта, мультимодальные объединения, экспедиторы, контролирующие перевозки грузов на всем пути следования. Деятельность всех участников транспортного процесса должна строиться на основе единого коммерческо-правового режима перевозок в смешанных сообщениях.

Структура служб управления МТК и их функции представлены в таблице 1.

Чтобы эффективно реализовать транспортное преимущество МТК России необходимо:

- 1) улучшить состояние его материально-технической базы транспортного комплекса страны, использовать современные технологии;

- 2) на железнодорожном транспорте должна планомерно проводиться дальнейшая реконструкция и модернизация инфраструктуры, строительство высокоскоростных магистралей; развитие подходов портам; совершенствование сервисной инфраструктуры, систем управления и безопасности;

- 3) строительство и реконструкция основных магистральных автомобильных дорог МТК; современное оснащение терминалов и логистических центров;

- 4) обновление оснащения современными автотранспортными средствами с обновление и совершенствование автодорожной инфраструктуры, повышение безопасности дорожного движения и обеспечение уменьшения экологического ущерба в процессе эксплуатации автотранспортных средств;

- 5) в регионах, по которым проходят трассы международных транспортных коридоров, необходимо создать транспортно-логистических центры, преимущественно в крупных транспортных узлах, развитие сети комплексов мультимодальных терминалов, повышение качества логистических услуг;

Таблица 1 – Структуры и функции служб управления МТК

| Направление управленческой деятельности  | Функции   | Места размещения  |
|--|---|---|
| Регулирование деятельности и развития коридора   | Контроль «узких мест» деятельности МТК, постановка вопросов о необходимости их ликвидации перед соответствующими службами коридора, региональными и федеральными органами   | В одном из транспортных узлов   |
| Экспедиторская деятельность  | Взаимодействие с транспортными службами и клиентурой, оформление транспортной документации, сопровождение груза (в необходимых случаях)   | В составе транспортных предприятий, терминалов и самостоятельные в транспортных узлах |
| Мониторинг рынка транспортных услуг  | Контроль и анализ тарифов, структуры перевозчиков и сфер их деятельности, сбор информации о нарушениях правил перевозок и негативных проявлений монопольности<br>Направление информации о негативных проявлениях в антимонопольные федеральные службы | В одном из транспортных узлов   |
| Информационного обеспечения транспортного процесса   | Информация транспортно-экспедиционных фирм о заказах на перевозки, клиентуры – об условиях перевозок  | Транспортные узлы   |
| Логистической деятельности терминалов  | Управляющие функции по обороту грузов в терминалах, обеспечивающему размещение, поиск и выемку грузов, необходимую их складскую переработку   | Терминалы   |
| Диспетчерской деятельности терминалов  | Управляющие функции по выполнению технологических операций взаимодействия транспортных средств и терминалов   | Терминалы   |
| Регулирование развития и контроль деятельности обслуживающей инфраструктуры: структур материально-технического снабжения, ремонтных служб, гостиниц, кемпингов, торговых точек и др. | Регулирование развития до необходимого уровня (международные стандарты) на основе выдачи лицензий, согласования размещения.<br>Контроль за качеством обслуживания, применение санкций в случаях нарушений, вплоть до лишения лицензий                 | В одном из транспортных узлов   |
| Таможенного контроля   | Таможенный контроль   | Приграничные таможенные пункты  |
| Охраны грузов  | Организация служб охраны грузов в пути и на территориях, руководство их деятельностью   | В одном из транспортных узлов   |
| Гидро-метеорологического мониторинга   | Сбор и анализ информации с постов наблюдения, оповещение соответствующие транспортные службы о состоянии гидрометеорологической обстановки  | В одном из транспортных узлов   |

6) увеличение мощностей морских портов на направлениях МТК, в том числе и на Северном морском пути, для обеспечения возрастающих объемов перевозок международных грузов;

7) развитие внутреннего водного транспорта, включая реконструкцию гидроузлов и гидротехнических сооружений; обновление флота, и, в первую очередь, смешанного плавания «река-море»; глубокая модернизация и обновление систем обеспечения безопасности судоходства;

8) в авиации – строительство и реконструкция аэродромов и объектов, обеспечивающих эксплуатацию перспективных воздушных судов. Создание необходимых условий, соответствующих уровню высокоразвитых стран, чтобы качественно обслуживать международные мультимодальные перевозки; ускорение внедрение новой техники и технологий, систем повышения безопасности полетов;

9) дальнейшее развитие интеллектуальных, когнитивных систем управления, организации перевозок, движения и безопасности в полосе МТК РФ;

10) осуществление широкого комплекса природоохранных мероприятий в полосе МТК.

#### *Список литературы*

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. N 1734-р (Собрание законодательства Российской Федерации, 2008, N 50, ст. 5977).
2. Бахарев Т.С., Шаталова Н.В. Обоснование выбора метода решения задачи оптимального развития сети автомобильных дорог слабо освоенных территорий Российской Федерации (зона Арктики) // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2015. № 1. С. 204-207.
3. Куватов В.И., Козьмовский Д.В., Шаталова Н.В. Потенциал северного морского пути Арктической зоны России. Факторы и стратегия развития // Интернет-журнал Науковедение. 2014. № 6 (25). С. 20.
4. 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 ГПС МЧС России». 2015. № 4. С. 68-73.
5. Krulатов A., Zakharov V., Malygin I. Competitive traffic assignment in road networks // Transport and Telecommunication, 2016, volume 17, issue 3 (Sep 2016). P. 212-222.
6. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Асаул А.Н., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы // Научно-технический журнал «Информация и космос». 2016. № 3. С. 8-17.
7. Лазарев Ю.Г., Симонов Д.Л., Новик А.Н. Формирование потребительских и эксплуатационных свойств автомобильных дорог // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2016. № 1 (35). С. 43-47.
8. Лазарев Ю.Г., Уголков С.В. Факторы, определяющие требования к автомобильным дорогам оборонного значения // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2016. № 5-6 (95-96). С. 71-74.
9. Нестерова Н.С. К вопросу о мультимодальных транспортных коридорах // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 2 (56). С. 70-75.
10. Селиверстов С.А. Разработка показателей транспортной обеспеченности // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. № 4 (45). С. 48-63.
11. Тимченко В.С. Перспективы применения имитационного моделирования, при оценке мероприятий по развитию транспортного комплекса Арктической зоны РФ // Мир науки. 2015. № 1. С. 12.
12. Шаталова Н.В. Обоснование стратегии развития магистральных автомобильных дорог в составе транспортных коридоров // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2013. Т. 3. С. 478-489.
13. Шаталова Н.В. Автодорожное сообщение Арктической зоны Российской Федерации // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2014. Т. 1. С. 539-542.
14. Шаталова Н.В., Бахарев Т.С. Методы и геоинформационные технологии, применяемые для расчета пораженности территории линейно эрозионными процессами в социально значимых зонах в условиях насыщенности территории города транспортными инженерно-техническими сооружениями / Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. Т. 9. № 5. С. 69-73.
15. Шаталова Н.В., Бахарев Т.С. Развитие транспортной инфраструктуры // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2015: материалы Юбилейной Международной научно-практической конференции. 2015. С. 278-281.

## АТОМНЫЙ ЛЕДОКОЛЬНЫЙ ФЛОТ РОССИИ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА. ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Бордученко Юрий Леонидович* – кандидат исторических наук, доцент, старший научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

*Аннотация.* Арктическая зона в XXI веке становится важнейшим гарантом устойчивого развития Российской Федерации. Вклад Севера в экономику России во многом будет определяться масштабами и темпами развития Арктической транспортной системы. Необходимо расширение коммерческого и научно-исследовательского судоходства, развитие транспортных узлов и коридоров, полярной авиации, грузопассажирских морских полярных перевозок. Все это невозможно достичь без развития уникального атомного ледокольного флота.

Представлен краткий обзор текущего состояния и перспектив развития атомного ледокольного флота России. Показана определяющая роль атомного ледокольного флота в обеспечении судоходства по трассам Северного морского пути для развития экономики арктического региона России.

*Ключевые слова:* атомные ледоколы, Северный морской путь, ледокольно-транспортные суда, Арктическая транспортная система.

## NUCLEAR ICEBREAKER FLEET RUSSIA AT THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY. CHALLENGES AND PROSPECTS

*Borduchenko Jurij L.* – PhD, Associate Professor, Senior Researcher, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

*Abstract.* Arctic zone in the XXI century is becoming the most important guarantor of sustainable development of the Russian Federation. North's contribution to the Russian economy will be largely determined by the scale and pace of development of the Arctic transport system. Necessary to expand the commercial and scientific research of navigation, the development of transport nodes and corridors, polar aviation, utility polar sea transport. All this can not be achieved without the development of a unique nuclear icebreaker fleet.

The article made a brief overview of the current state and prospects of development of Russian nuclear icebreaker fleet. The determining role of the nuclear icebreaker fleet to provide navigation along the Northern Sea Route for the development of Russia's Arctic region's economy.

*Keywords:* nuclear-powered icebreakers, the Northern Sea Route, icebreaking transport vessels, Arctic transport system.

Вдоль всего северного побережья России протянулась национальная морская коммуникация – Северный морской путь (СМП).

Под акваторией Северного морского пути понимается водное пространство, прилегающее к северному побережью Российской Федерации, охватывающее внутренние морские воды, территориальное море, прилежащую зону и исключительную экономическую зону Российской Федерации и ограниченное с востока линией разграничения морских пространств с Соединенными Штатами и параллелью мыса Дежнева в Беринговом проливе, с запада меридианом мыса Желания до архипелага Новая Земля,

восточной береговой линией архипелага Новая Земля и западными границами проливов Маточкин Шар, Карские Ворота, Югорский Шар [1].

Северный морской путь как национальная транспортная коммуникация России в Арктике имеет исключительное значение для обеспечения дальнейшего эффективного развития экономики северных регионов и государства в целом. В интересах страны он обеспечивает прежде всего функционирование транспортной инфраструктуры в особенно труднодоступных районах архипелагов, островов, морей и побережья Крайнего Севера, центральных районов Восточной и Западной Сибири, связывая в единую систему меридионально расположенные материковые водные пути великих сибирских рек и широтно направленные морские трассы перемещения на запад и восток страны каботажных и экспортных грузопотоков. Помимо этого Севморпуть – высокоширотная транзитная арктическая судоходная магистраль, которая может служить альтернативой существующим межконтинентальным транспортным связям между странами Атлантического и Тихоокеанского бассейнов через Суэцкий и Панамский каналы [2,3].

С точки зрения потенциальных запасов углеводородов, минерального сырья и других полезных ископаемых, древесины значение Арктической зоны для России трудно переоценить. Здесь сосредоточено примерно 140 млрд. тонн углеводородов, из которых 87% приходится на природный газ. Порядка 70% запасов углеводородов (около 100 млрд. т) сосредоточены в Карском и Баренцевом морях, всего же, по предварительным оценкам, российский арктический шельф содержит около 100 млрд. т углеводородных ресурсов. Арктический бассейн в настоящее время является одним из важнейших, исходя из перспективы развития и транспортного обеспечения транспортировки углеводородного сырья. Сегодня Арктика обеспечивает около 40% национального дохода России, здесь формируется 90% объема общероссийского экспорта [4,5].

Для осуществления перевозок грузов по СМП необходимы ледокольно-транспортные суда и ледокольный флот. В настоящее время арктический транспортный флот насчитывает 204 транспортных судна суммарным дедвейтом 3,4 млн. т, в том числе под флагом России – 174 судна суммарным дедвейтом 2,0 млн. т. На трассах СМП работают суда-снабженцы, лесовозы, танкеры, балкеры, контейнеровозы, все они имеют классы ледового усиления Arc4 – Arc7, позволяющие круглогодично осуществлять работу в арктических условиях [5]. В январе 2016 г. введен в строй пилотный арктический газовоз сжиженного природного газа (СПГ) ледового класса Arc7 для проекта «Ямал СПГ» [6].

Регулярное коммерческое судоходство по СМП началось в 1920 г. С этого времени основные этапы освоения новых трасс плавания и расширения сроков навигации по СМП определялись наращиванием мощности ледокольного флота.

Сегодня основой безопасности плавания транспортных судов в ледовых условиях арктического побережья России является мощный атомный ледокольный флот. Изначально он создавался для обеспечения работы Норильского промышленного района. Для круглогодичной навигации в Западном районе Арктики потребовалось создание мощного ледокольного флота и инфраструктуры на побережье Карского моря и берегах реки Енисей.

Опыт многолетней эксплуатации атомного ледокола *Ленин* (рис. 1) позволил создать более совершенные суда второго поколения – линейные атомные ледоколы типа *Арктика* (рис. 2).

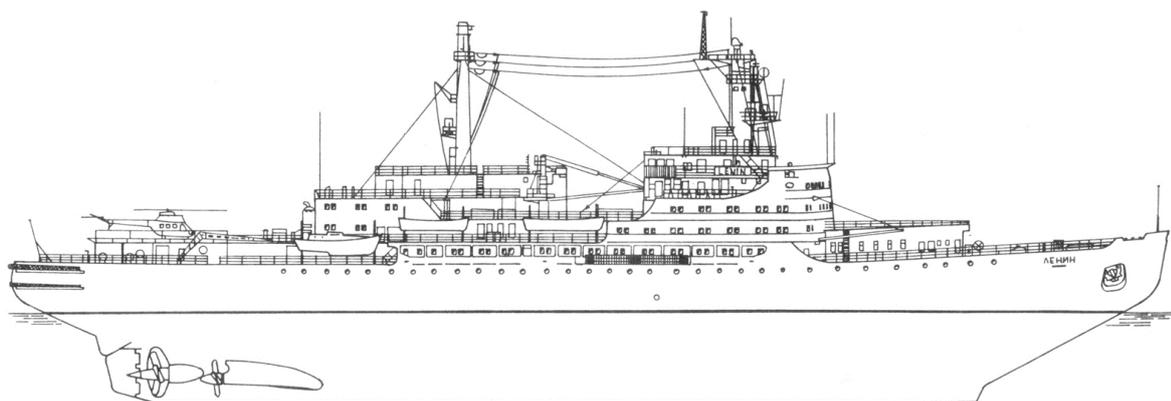


Рисунок 1 – Атомный ледокол Ленин (боковой вид)

Новые атомные ледоколы превосходят первый атомный по мощности энергетической установки в 1,7 раза, по энерговооруженности и удельной тяге – в 1,5 раза. На ледоколах проекта 1052 и его модификаций принято иное, чем на ледоколе *Ленин*, распределение мощности между гребными валами – в соотношении ( $\frac{1}{3} : \frac{1}{3} : \frac{1}{3}$ ) и ( $\frac{1}{4} : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$ ), соответственно; они отличаются формой обводов и конструкцией корпуса; существенно изменены состав и компоновка энергетического оборудования.

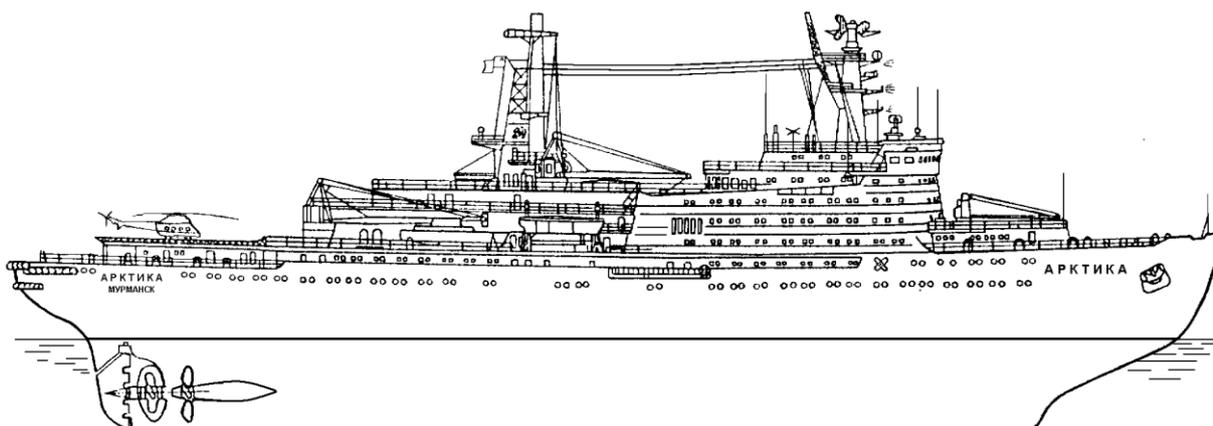


Рисунок 2 – Атомный ледокол Арктика (боковой вид)

Гребная электрическая установка (ГЭУ) ледоколов типа *Арктика* также отличается своим типом и параметрами от установки ледокола *Ленин*. На ледоколах проекта 1052 смонтирована ГЭУ переменного-постоянного тока: в ее состав входят главные генераторы переменного тока, статические выпрямители и гребные электродвигатели постоянного тока.

С вводом в строй новых атомных ледоколов и специализированных судов ледового плавания начался новый этап развития арктического судоходства: была достигнута основная цель первого этапа программы развития СМП – навигация на его западном участке (от новоземельских проливов до пролива Вилькицкого) стала круглогодичной.

На реализацию программы перехода к круглогодичной навигации на западном участке СМП было затрачено примерно 200 млрд. долл. (в ценах 1975 г.) [3]. В эту сумму вошли грузовые суда арктического плавания, порты на Енисее, инфраструктура и атомные ледоколы [3]. Выбор атомной энергетики для ледоколов неслучаен с учетом выполняемых задач.

Высокие ледокольные качества, надежность работы главных и вспомогательных механизмов и систем были убедительно продемонстрированы во время высокоширотных рейсов новых ледоколов.

Самым знаменитым таким рейсом явился научно-практический рейс атомного ледокола *Арктика* к Северному полюсу в 1977 г. (рис. 3).

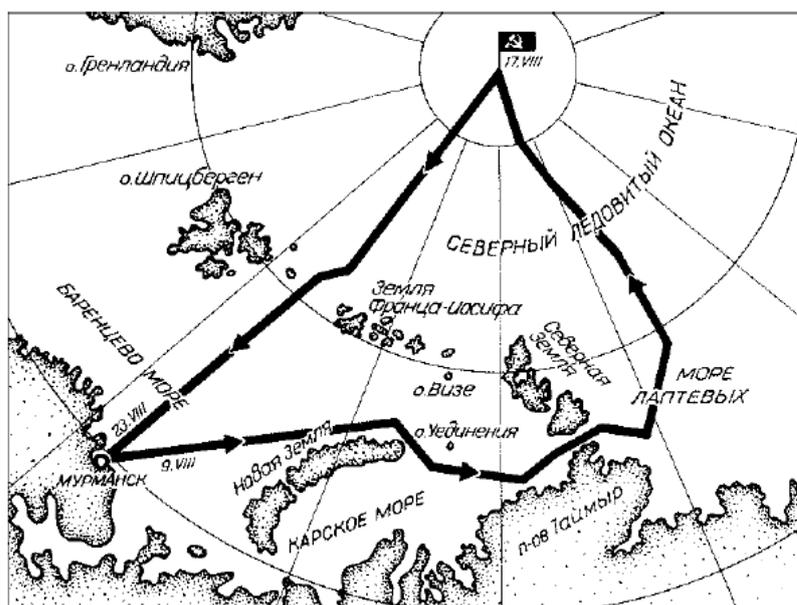


Рисунок 3 – Схема маршрута похода атомного ледокола *Арктика* к Северному полюсу (9 – 23 августа 1977 г.)

Рейс проходил по маршруту Мурманск (10 августа) – мыс Желания (11 августа) – пролив Вилькицкого – море Лаптевых (130° в. д.) – Северный полюс (17 августа, 4 часа по московскому времени). Поход завершился в Мурманске 23 августа. За 13 суток ледокол прошел 3852 мили, из них 1300 миль – во льдах (рис. 3). Первый выход надводного судна в точку Северного полюса стал историческим событием в освоении Арктики и в практике мореплавания.

Несколько высокоширотных рейсов совершил в 1970-х гг. – 1980-х гг. атомный ледокол *Сибирь* маршрут показан на рис. 4.



Рисунок 4 – Маршрут высокоширотной проводки дизель-электрохода *Капитан Мышевский* весной 1978 г.

Они также были экспериментальными, потому что в это время года маршруты в столь высоких широтах не прокладывались, опыта плавания не было. Было даже не очень понятно, как поведет себя в этих условиях ледяной покров и как он будет взаимодействовать с пропульсивным комплексом судов, потому что не были достоверно известны механические свойства арктического льда в это время года.

Опыт эксплуатации двух первых ледоколов проекта 1052 – *Арктики* и *Сибири*, собранные в высокоширотных походах дополнительные сведения о свойствах и поведении ледяного покрова и самого судна в высоких широтах в весенний период, принятые в 1981 г. Конференцией Международной морской организацией (ИМО) документы по безопасности ядерных торговых судов заставили внести изменения в проект атомного линейного ледокола, создать его модернизацию – проект 10521. Были внесены конструктивные изменения, в частности, ледоколы получили более совершенную реакторную установку, были оснащены системой пневмообмыва корпуса, которая отсутствует у ледоколов проекта 1052.

По этому проекту были построены и вступили в строй в 1985 г. и 1989 г. ледоколы *Россия* и *Советский Союз*, в 1992 г. – атомный ледокол *Ямал*. В 1989 г. на стапеле Балтийского завода был заложен шестой атомный ледокол *Урал*, получивший в 1995 г. новое имя – *50 лет Победы*.

В связи с мелководностью подходов к расположенному в реке Енисей порту Дудинка были спроектированы и построены специализированные атомные ледоколы с малой осадкой – *Таймыр* и *Вайгач*, специально предназначенные для работы на мелководных арктических морских акваториях и в устьях великих сибирских рек, главным образом Енисея и Оби (рис. 5). Эти ледоколы проекта 10580 также были оборудованы системой пневмообмыва корпуса, которая улучшала ледопробитость судна.

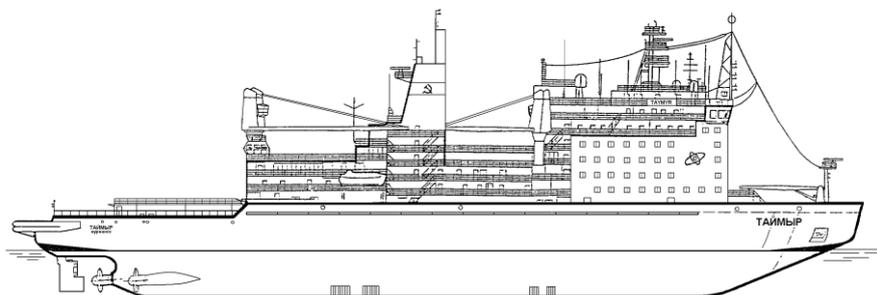


Рисунок 5 – Атомный ледокол *Таймыр* (боковой вид)

Гребная электрическая установка (ГЭУ) ледоколов типа *Таймыр* отличается своим типом и параметрами от установки ледоколов *Ленин* и *Арктика*. На ледоколах проекта 10580 смонтирована ГЭУ переменного-переменного тока: в ее состав входят главные генераторы переменного тока и гребные электродвигатели также переменного тока. Управление частотой генерируемого тока осуществляется с помощью циклоконверторов. Подобная установка была применена на атомном флоте впервые.

Параллельно с созданием новых ледоколов строились суда усиленного ледового класса для перевозки грузов Норильского комбината – атомный лихтеровоз-контейнеровоз *Севморпуть* (рис. 6), серии судов типа *Норильск*, *Дмитрий Донской*; проводилось переоснащение современным оборудованием системы навигационно-гидрографического обслуживания работы флота, расширение и реконструкция Дудинского порта.

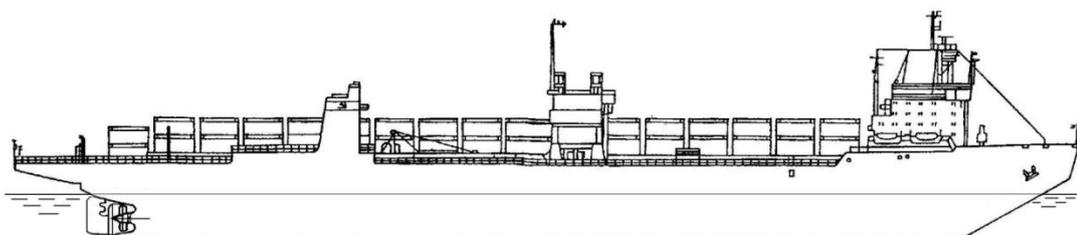


Рисунок 6 – Атомный лихтеровоз-контейнеровоз Севморпуть (боковой вид)

Таким образом, за 40 лет (конец 1950-х – конец 1990-х гг.) было построено и введено в эксплуатацию восемь атомных ледоколов (*Ленин, Арктика, Сибирь, Россия, Советский Союз, Ямал, Таймыр и Вайгач*) и одно атомное транспортно-ледокольное судно – лихтеровоз-контейнеровоз *Севморпуть* (табл. 1). Еще один атомный ледокол достраивался на стапеле Балтийского судостроительного завода в Петербурге.

Таблица 1 – Основные даты строительства и ввода в строй отечественных атомных судов

| Наименование ледоколов                     | Индекс проекта | Дата                |                       | Примечание   |
|--|----------------|---------------------|-----------------------|--|
|  |                | закладки на стапеле | ввода в эксплуатацию. |  |
| <i>Ленин</i>                               | 92/92М         | 24.08.1956          | 03.12.1959            | Выведен из эксплуатации в 1989 г.  |
| <i>Арктика</i>                             | 1052           | 31.06.1971          | 30.12.1974            | Государственный флаг на ледоколе поднят 25 апреля 1975 г. В октябре 2008 г. начат вывод ледокола из эксплуатации                                       |
| <i>Сибирь</i>                              | 1052           | 29.04.1974          | 28.12.1977            | Государственный флаг поднят 5 января 1978 г. В 1993 г. судно выведено из действия и законсервировано; в 1995 г. из реакторов выгружено ядерное топливо |
| <i>Россия</i>                              | 10521          | 20.02.81            | 21.12.1985            |  |
| <i>Советский Союз</i>                      | 10521          | ноябрь 1983         | 29.12.1989            | Был заложен как <i>Леонид Брежнев</i>  |
| <i>Ямал</i>                                | 10521          | октябрь 1986        | 28.10.1992            | Был заложен как <i>Октябрьская Революция</i>   |
| <i>50 лет Победы</i>                       | 10521М         | 04.10.1989          | 23.03.2007            | Был заложен как <i>Урал</i> . Государственный флаг поднят 23 марта 2007 г. на Балтийском заводе  |
| <i>Таймыр</i>                              | 10580          | 03.08.1986          | 30.06.1989            | Государственный флаг поднят 7 апреля 1988 г. в Хельсинки   |
| <i>Вайгач</i>                              | 10580          | 10.04.1987          | 25.07.1990            | Государственный флаг поднят 6 марта 1989 г. в Хельсинки  |
| лихтеровоз-контейнеровоз <i>Севморпуть</i> | 10081          | 02.11.1984          | 31.12.1988            | построен на Керченском судостроительном заводе «Залив»   |

За это время длительная эксплуатация атомных ледоколов показала надежность их ядерных энергетических установок (ЯЭУ), перспективность ее применения на ледокольных судах, возможность создания ледоколов с установками практически любой мощности. Подтвердились такие важные преимущества атомных ледоколов, как:

- неограниченность районов плавания;
- независимость от бункеровочных баз;

- независимость осадки от наличия на борту запасов топлива и других расходных грузов;
- возможность выбора осадки судна с учетом ледовых условий и глубины трассы, мобильность;
- способность длительно поддерживать полную мощность энергетической установки;
- возможность обеспечения оптимальной остойчивости судна.

С помощью ледоколов типа *Арктика* с 1978 г. был осуществлен переход к круглогодичной навигации в западном районе Арктики. Потребность в ней была обусловлена прежде всего необходимостью обеспечения жизнедеятельности и развития Норильского промышленного района. К середине 1980-х гг. была решена проблема обеспечения устойчивого снабжения отдаленных районов российского Крайнего Севера топливом, промышленными товарами и продовольствием. Увеличились объемы перевозок по трассам Северного морского пути. Их максимум пришелся на конец 1980-х гг.

В 1987 г. по СМП было перевезено 6578,8 тыс. т, при этом число судов также достигло рекордного количества – по Северному морскому пути в 1987 г. прошло 1306 судов [7].

Однако затем объемы грузоперевозок и число судов, следовавших по трассам СМП, стали сокращаться. Уже в 2000 г. морскими судами в Арктике было перевезено всего 1587,0 тыс. т грузов различного назначения [7]. На таком низком уровне эти объемы оставались в течение нескольких лет (рис. 7). Только в середине 2000-х гг. начался рост грузопотока по СМП, обусловленный ростом международных транзитных перевозок и ростом экономики российской Арктики, который не наблюдался с конца 1980-х гг [8].

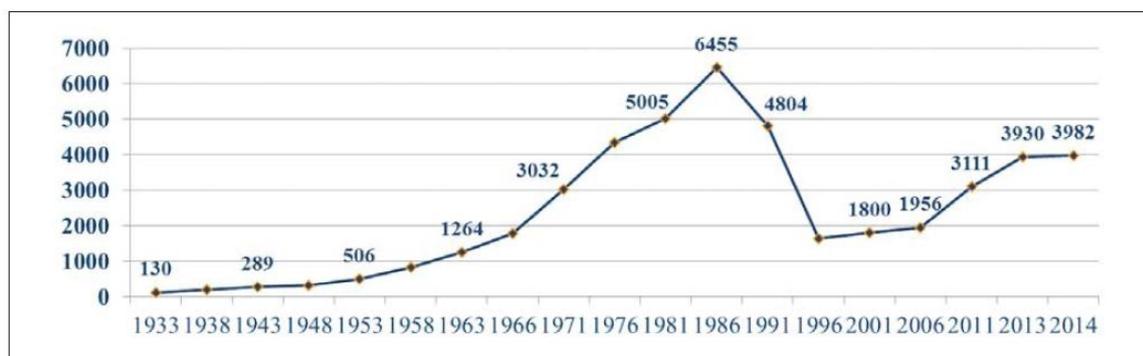


Рисунок 7 – Грузопоток по Северному морскому пути в 1933 – 2014 гг., тыс. т [8]

Состояние отечественного морского транспорта в начале XXI столетия определялось тремя основными факторами:

- разделом отрасли между бывшими союзными республиками;
- началом радикальных реформ в области экономики, государственного и хозяйственного управления;
- резким сокращением инвестиций в развитие транспорта из федерального бюджета.

Состав действовавшего на Севере ледокольного флота полностью сохранить не удалось. В связи с резким уменьшением объема перевозок по трассам Северного морского пути (рис. 7) и сокращением объема финансирования ледокольного флота, вместо проведения ремонта систем и механизмов ледоколы, в том числе атомные, начали вы-

водиться в длительный отстой, а все линейные дизель-электрические ледоколы типа *Москва* к концу 1990-х гг. были выведены из состава флота и утилизированы.

В 1993 г. из-за потери герметичности трубных систем парогенераторов реакторных установок обоих бортов и невозможности их ремонта (вследствие отсутствия необходимых технологий и денежных средств на восстановительные работы) был выведен из эксплуатации атомный ледокол *Сибирь*. В 1995 г. из его атомных реакторов было выгружено ядерное топливо, и судно поставлено в длительный отстой. Атомный ледокол *Ленин* был выведен из эксплуатации еще в 1989 г. и оборудование его РУ (в том числе корпуса реакторов и трубные системы парогенераторов) использовалось в 1990-х – 2000-х гг. при приведении исследований по программе продления технического ресурса и срока службы оборудования и корпусов атомных ледоколов.

Таким образом, к началу XXI в. в составе линейного ледокольного флота осталось шесть атомных (*Арктика, Россия, Советский Союз, Ямал, Таймыр, Вайгач*), причем почти все они нуждались в проведении среднего или капитального ремонта оборудования, механизмов и систем и продление ресурса и сроков службы основного оборудования. Некоторые атомные ледоколы имели ограничения по мощности реакторных установок (РУ), потому что работали с отключенными секциями парогенераторов, число которых доходило до пяти и не было технологии восстановления работоспособности парогенераторов и снятия ограничений по мощности работы РУ.

Отметим, что ресурс основного оборудования ЯЭУ в то время составлял 100 тыс. часов работы, а срок службы – 25 лет.

Линейные ледоколы отечественного флота, остававшиеся в строю на середину 2000-х гг., были построены в 1970-х – 1980-х гг., поэтому они морально и физически устарели, и их необходимо было исключать из состава флота и заменять новыми.

Снижение объемов грузоперевозок по Северному морскому пути, отсутствие необходимых денежных средств для строительства новых атомных ледоколов, а также неясность в вопросе строительства новых атомных ледоколов вызвали необходимость разработки программы продления ресурса основного оборудования и срока службы атомных ледоколов. Появлению программы предшествовала большая по объему работа по исследованию технического состояния и остаточного ресурса основного механического оборудования, общесудовых систем и устройств, корпуса выведенного из эксплуатации атомного ледокола *Ленин*. Эти исследования проходили во второй половине 1990-х гг.; итогом их проведения стала разработка ФГУП «ОКБМ им. И.И. Африкантова» (сегодня – ОАО «ОКБМ Африкантов») межведомственной целевой комплексной «Программы продления ресурса до 150 тыс. часов и срока службы до 30 лет систем и оборудования АППУ атомных судов» [9].

Работы по продлению ресурса парогенераторов атомного ледокола *Арктика*, которые проводились с 1993 г. до середины 2000-х гг. привели к заключению, что имеются потенциальные возможности для увеличения назначенного ресурса и срока службы РУ. Результатом работ стало продление ресурса парогенераторов ледокола *Арктика* сначала до 120 тыс. часов, а затем до 175 тыс. часов и срок его службы до 32 лет, а парогенераторов остальных атомных ледоколов – до 150 тыс. ч и срок службы судов – до 30 лет соответственно. В последующем удалось продлить ресурс оборудования всех атомных ледоколов до 175 тыс. ч, а эксплуатацию действующих ледоколов обеспечить до 2016 – 2020 гг. [9].

Наряду с разработкой Программы продления ресурса парогенераторов атомных ледоколов, была создана технология замены трубных систем парогенераторов, из-за отсутствия которой, в частности, был выведен в отстой ледокол *Сибирь* и введены ограничения мощности ЯЭУ на ряде других ледоколов. Первая в истории отечественного атомного флота замена трубной системы двух парогенераторов реакторной установки была произведена в октябре 2002 г. – феврале 2003 г. на ледоколе *Вайгач*, что позволи-

ло продлить срок эксплуатации ледокола и использовать его реакторную установку на полную мощность. На практике была отработана технология, которая позволяет продлить срок службы реакторных установок атомных ледоколов сверх установленного ресурса парогенераторов.

В 2004 – 2006 гг. на ледоколе *Россия* с использованием этой же технологии были заменены шесть из восьми парогенераторов реакторных установок обоих бортов и в марте 2007 г. Регистр подтвердил класс ледокола. В 2005 – 2006 гг. были проведены также работы по продлению ресурса оборудования атомного ледокола *Таймыр*. Заменены три парогенератора на ледоколе *Ямал*. В 2007 г. выжег топливо в реакторах обоих бортов атомный ледокол *Советский Союз*. Программу продления ресурса основного оборудования ледокол не проходил, поэтому он был поставлен в отстой с перспективой произвести ремонт основного оборудования, выполнить программу продления его ресурса, перегрузить топливо и сменить примерно атомный ледокол *Россию*, который к этому времени выработает все топливо обоих реакторов и, в свою очередь, встанет на длительный ремонт и перегрузку [9].

Мелкосидящий ледокол *Вайгач* встал в начале осени 2011 г. на ремонт и перегрузку топлива, по выходу из дока он ушел в Арктику с продленным на пять лет ресурсом оборудования. Атомный ледокол *Ямал* во второй половине 2012 г. также прошел ремонт и одновременно на его борту началось выполнение программы продления ресурса основного оборудования. Относительно находящегося в отстое атомного ледокола *Сибирь* в 2008 г. было принято решение не вводить его в эксплуатацию [9].

Продление ресурса и срока службы оборудования реакторных установок атомных ледоколов до 175 тыс. часов, то эксплуатация действующих ледоколов будет обеспечена до 2020 гг. А сегодня речь идет уже о возможности продления ресурса ЯЭУ до 200 тыс. часов. Продление ресурса оборудования до 175 тыс. часов и срока службы до тридцати двух лет позволяет начать вывод ледоколов, находящихся сегодня в эксплуатации, еще позже, чем указано выше, и обеспечить работу Северного морского пути без экстренного ввода в строй новых ледоколов. Однако возникающая пауза должна быть использована для постройки новых ледоколов, которые должны вводиться в строй вместо выводимых. Если этого не произойдет, к 2030 г. у России не останется ни одного полярного линейного ледокола – ни атомного, ни дизель-электрического и страна потеряет контроль над работой важнейшей морской национальной магистрали.

В 2003 г. возобновилось строительство атомного ледокола *50 лет Победы* и концу 2006 г. он был достроен, в феврале 2007 г. прошел ходовые испытания, а 23 марта 2007 г. атомный ледокол *50 лет Победы* был принят в эксплуатацию и на нем поднят российский флаг [10].

Таким образом, к концу 2010-х гг. на трассах Северного морского пути смогут действовать линейные двухреакторные атомные ледоколы *Россия*, *Ямал* и *50 лет Победы* (ледокол *Советский Союз* находится в отстое), а на мелководных участках – однореакторные *Таймыр* и *Вайгач*. Практически все они, за исключением ледокола *50 лет Победы*, в середине 2020-х гг. начнут выводиться из действия в связи с выработкой ресурса основного оборудования.

После 2000 г. наметилась тенденция к увеличению объемов морских перевозок в Арктике, в течение 2005 – 2008 гг. они превышали 2 млн. т и продолжают увеличиваться. Однако в условиях финансового кризиса прирост объемов перевозок по Севморпути замедлился, и масштабные проекты в регионе, связанные с вывозом углеводородного сырья, тогда не заработали [3].

Ближайшим по времени реализации является расширение освоения ОАО НОВАТЭК Ямальских газовых месторождений. Атомные ледоколы с 1976 г. по настоящее время принимают участие в обеспечении доставки грузов на полуостров Ямал в зимний период навигации с выгрузкой судов на припай. В перспективе Росатомфлот готов

осуществлять проводку сухогрузных судов, газовозов и танкеров к полуострову Ямал и в Обскую губу, обеспечивая круглогодичный навигационный цикл работы флота на этом направлении [3].

В течение ближайших лет (до 2020 г.) минимально достаточное количество обеспечивающих атомных ледоколов сохранится на уровне шести единиц. В связи с предстоящим списанием атомных ледоколов по мере их физического износа судостроительная промышленность разработала проект универсального атомного ледокола мощностью 60 МВт (ЛК-60Я) с переменной осадкой (от 8,5 до 10,8 м), который один будет в состоянии заменить атомный ледокол типа *Арктика* и атомный ледокол типа *Таймыр*. В августе 2012 г. договор на строительство головного универсального ледокола был подписан, срок его сдачи в эксплуатацию – 31 декабря 2017 г. На долгосрочную перспективу (15 – 30 лет) сохранится потребность в четырех – пяти атомных ледоколах, для чего потребуются ввод в эксплуатацию еще двух ЛК-60Я – соответственно в 2019 и 2021 гг. [3]. Всего на Балтийском судостроительном заводе в 2013 – 2016 гг. заложено три новых атомных ледокола типа ЛК-60Я (проект 22220; рис. 8), получивших названия *Арктика*, *Сибирь* и *Урал*. Они должны войти в эксплуатацию в 2017, 2019 и 2020 гг. соответственно. Головной ледокол серии – *Арктика*, – в июле 2016 г. спущен на воду и сегодня достраивается на плаву.

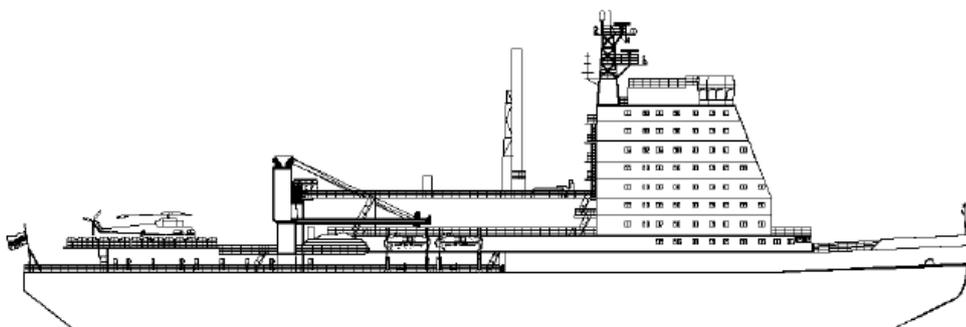


Рисунок 8 – Атомный ледокол *Арктика* проекта 22220 (боковой вид)

Учитывая перспективы реализации в ближайшие десятилетия с непосредственным участием Российской Федерации международных проектов создания трансарктической магистрали межконтинентальных морских перевозок из Атлантического бассейна в Тихоокеанский, необходимо, начиная с 2013 г. предусмотреть проектирование и строительство атомных ледоколов-лидеров мощностью в пределах 110 МВт (типа ЛК-110Я; проект 10510, рис. 9), способных обеспечить плавание судов на традиционных, высокоширотных и приполюсных маршрутах Севморпути в круглогодичном навигационном цикле.

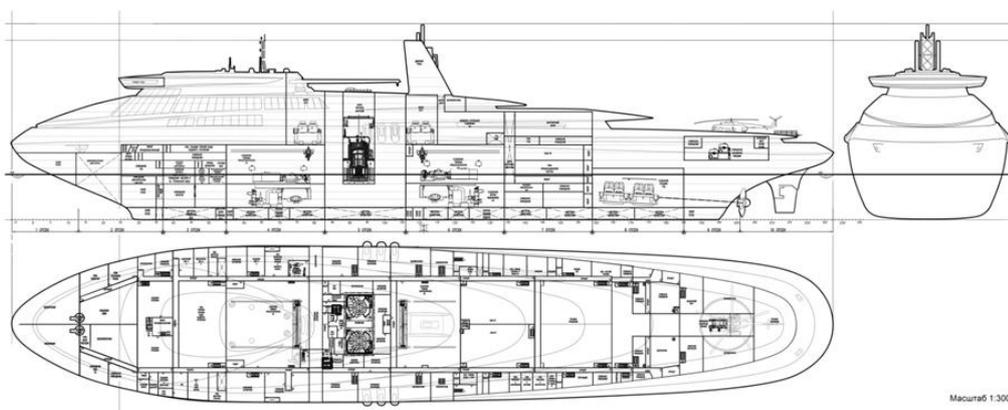


Рисунок 9 – Проект атомного ледокола-лидера типа ЛК-110Я

Ледокол проекта 22220 имеет двухреакторную энергетическую установку с основным источником пара от реакторной установки нового поколения РИТМ-200 мощностью 175 МВт, специально разработанную для этого судна. Технический проект атомохода был разработан ЦКБ «Айсберг» в 2009 году. Двухосадочная конструкция судна позволяет использовать его как в водах арктических морей, так и в устьях полярных рек. РУ РИТМ-200 – интегрального типа, то есть активная зона и трубные системы парогенераторов объединены в одном корпусе, что снижает вес и габариты РУ, и предотвращает выход радиоактивных продуктов в отсеки судна в случае аварии с нарушением герметичности первого контура. РУ интегрального типа применяется на российских судах впервые.

Ледокол будет работать в западном районе Арктики: в Баренцевом, Печорском и Карском морях, а также на более мелководных участках устья Енисея и районе Обской губы.

Основные технические характеристики ледокола приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные технические характеристики атомных ледоколов проектов 1052 различных модификаций, 10510, 10580 и 22220

| Характеристики                                  |              | Россия            | 50 лет Победы     | Таймыр            | Арктика (II)      | Лидер         |
|---|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| индекс проекта                                  |              | 10521             | 10521M            | 10580             | 22220             | 10510         |
| число судов в серии                             |              | 3                 | 1                 | 2                 | 3                 | –             |
| дата принятия в эксплуатацию головного ледокола |              | 20.12.1985        | 12.03.2007        | 300.06.1989       | строится          | проектируется |
| символ класса Морского Регистра судоходства     |              | КМ(*)<br>LL1[2] A | КМ(*)<br>LL1[2] A | КМ(*)<br>LL2[2] A | КМ(*)<br>LL1[2] A | –             |
| длина, м  | по КВЛ       | 130.56            | 139.8             | 136.32            | 160               | •             |
|   | максимальная | 150.0             | 159.6             | 149.7             | 173.3             | 215.0         |
| ширина, м                                       | по КВЛ       | 28.0              | 28.0              | 28.0              | 32.2              | 38.0          |
|   | максимальная | 30.0              | 30.0              | 28.87             | 34.0              | 40.0          |
| высота борта, м                                 |              | 17.2              | 17.2              | 15.68             | 15.2              | 20.3          |
| осадка, м                                       | по КВЛ       | 11.0              | 11.0              | 9.0               | 10.5              | 13.0          |
|   | мин. рабочая | –                 | –                 | –                 | 8.55              | 11.0          |
| водоизмещение, т                                |              | 23625             | 25840             | 21100             | 33540             | 55600         |
| тип ЯЭУ   |              | ОК-900А           | ОК-900А           | КЛТ-40М           | РИТМ-200          | РИТМ-400      |
| мощность, МВт                                   | РУ           | 2 × 171           | 2 × 171           | 155               | 2 × 175           | 2 × 315       |
|   | на валах     | 52.8              | 52.8              | 36.0              | 60.0              | 110           |
| число гребных винтов                            |              | 3                 | 3                 | 3                 | 3                 | 3             |
| ледопроходимость, м                             |              | 2.3               | 2.5               | 1.75              | 2.9               | 4.5           |
| скор. на чистой воде, уз.                       |              | 21.0              | 21.0              | 20.0              | 22,3              | 24.0          |
| число пассажиров, чел.                          |              | –                 | 180               | –                 | –                 | –             |

Проектируемый атомоход-лидер мощностью 110 МВт обеспечит прямые проводки судов через высокоширотные маршруты, которые в 1,5 раза короче прибрежных трасс Северного морского пути. Лидер также сможет обеспечивать прямую проводку с коммерческой скоростью новых танкеров-газовозов в Обской губе и Беринговом проливе.

Ледокол-лидер разработан Крыловским государственным научным центром совместно с ЦКБ «Айсберг». Он спроектирован для круглогодичной проводки крупнотоннажных транспортных судов (дедвейтом более 100000 тонн и шириной более 50 м) на всем протяжении Северного морского пути с экономически эффективной скоростью (около 10 узлов) во льдах толщиной около 2 м. Сам ледокол сможет свободно перемещаться по Арктике, преодолевая любые существующие льды (толщиной до 4,5 м). Все материалы и основное оборудование, необходимые для строительства ледокола, могут

быть поставлены отечественными предприятиями. В проекте обеспечена унификация основного и вспомогательного оборудования со строящимся универсальным атомным ледоколом *Арктика* пр. 22220.

Разработка технического проекта началась в 2016 г., что обеспечит сдачу ледокола в эксплуатацию в 2024 г. Срок разработки технического проекта – 3 года.

В ближайшие годы состав российского ледокольного флота должен претерпеть существенные изменения за счет вывода из действия двух мелкосидящих ледоколов и строительства трех универсальных атомных проекта 22220. Три таких ледокола смогут заменить пять выводимых до 2023 г. по мере выработки ресурса атомных ледоколов, в том числе три ледокола проекта 10521 (Россия, Советский Союз, Ямал) и два ледокола проекта 10580 (Таймыр, Вайгач). До 2030 г. в связи с дальнейшим освоением месторождений на шельфе арктических морей необходимо построить еще два таких ледокола. Для обеспечения круглогодичной навигации на Северном морском пути, а также работ на шельфе (включая Восточный район Арктики и высокоширотные трассы СМП) предусматривается разработка и строительство атомного ледокола-лидера мощностью на валах 110 – 130 МВт (концептуальный проект такого ледокола уже разработан) [5].

Трассы Северного морского пути пролегают на акваториях арктических морей и южной части Северного Ледовитого океана в пределах исключительной экономической зоны России в Арктике, которая простирается на 200 морских миль к северу от побережья и островов морей Российской Арктики. Помимо этого, Россия претендует на участок арктического морского шельфа площадью 1,2 млн. км<sup>2</sup> в районе хребта Ломоносова и поднятия Менделеева в Северном Ледовитом океане. Основную работу по сбору данных для обоснования внешней границы континентального шельфа обеспечивают атомные ледоколы.

Официальными претендентами на ресурсы арктического шельфа и дна Северного Ледовитого океана являются США, Канада, Дания, Норвегия и Исландия. Активный интерес к Арктике проявляют Германия, Япония, Индия и Китай. Многие из этих стран проводят политику пересмотра границ экономических зон в Арктике. На выполнение научных программ по изучению гидрометеорологического режима Арктики, геофизические и геологические исследования страны Европейского союза и США затрачивают ежегодно примерно 1 млрд. долл.

Характерно, что для целей производства научных исследований в Арктике привлекаются российские ледоколы и суда. Примером может служить рейс ледокола *Капитан Драницын* с экспедицией Университета Аляски в 2008 г.

В этих условиях Россия в целях обеспечения своих геополитических интересов должна постоянно поддерживать активное присутствие в этом регионе. Оно выражается в проведении научных исследований, разведке и добыче полезных ископаемых, обеспечении морских грузоперевозок с использованием ледоколов и специализированных ледокольно-транспортных судов.

В настоящее время Россия является мировым лидером в области применения атомного ледокольного флота для решения транспортных задач в морях Арктики и неарктических замерзающих морях. Для успешной конкуренции России необходимо не упускать этого лидерства и постоянно развивать и совершенствовать атомный ледокольный флот как ключевое звено инфраструктуры функционирования Северного морского пути.

#### *Список литературы*

1. Федеральный закон № 132-ФЗ от 28 июля 2012 года «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственного регулирования торгового мореплавания в акватории северного морского пути».

2. Половинкин В.Н., Фомичев А.Б. Перспективные направления и проблемы развития Арктической транспортной системы Российской Федерации в XXI веке // Арктика: экология и экономика. 2012. № 3 (7). С. 74-83.
3. Рукша В.В., Смирнов А.А., Головинский С.А. Атомный ледокольный флот России и перспективы развития Северного морского пути // Арктика: экология и экономика. 2013. № 1 (9). С. 78-83.
4. Слипечук М.В. Национальный арктический транспортный коридор: проблемы и перспективы // Арктическое обозрение. Официальное издание Международного экспертного совета по сотрудничеству в Арктике. 2016. № 2. С.10-15.
5. Буянов С.И. Состояние и перспективы развития Арктической морской транспортной системы, включая арктические порты // V Международная конференция по развитию портов и судоходства и XIII Международная транспортная выставка «Транстек». Тезисы докладов. С.-Петербург. 2016. С. 65-68.
6. ПАО «Совкомфлот»: позитивные результаты на фоне слабого рынка // Морской флот. 2016. № 4. С. 16-18.
7. Российская Арктика: Справочник для государственных служащих. М., 2001.
8. Рукша В.В., Белкин М.С., Смирнов А.А., Арутюнян В.Г. Структура и динамика грузоперевозок по Северному морскому пути: история, настоящее и перспективы // Арктика: экология и экономика. 2015. № 4 (20). С. 104-110.
9. Бордученко Ю.Л. Линейные ледоколы отечественного флота. Конец XX – начало XXI вв. С.-Петербург. 2012.
10. Демьянченко В.Я., Макеев А.Н. Атомный ледокол «50 лет Победы» // Судостроение. 2008. № 1. С.13-19.

### *Информация об авторах*

**Абрамов Александр Владимирович** – магистр кафедры пожарной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. E-mail: uklu@bk.ru

**Аксёнкин Виталий Иванович** – кандидат военных наук, начальник научно-исследовательского отдела Военной академии материально-технического обеспечения им. ген.ар. А.В. Хрулева.

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8. E-mail: Vit\_aks74@mail.ru

**Алексеев Ярослав Владимирович** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.

**Антюхов Валерий Иванович** – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры системного анализа и антикризисного управления ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: antyukhovvi@yandex.ru

**Аракчеев Александр Валерьевич** – старший преподаватель кафедры пожарной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. E-mail: arakcheev@gefest-spb.ru

**Артамонов Владимир Сергеевич** – доктор военных наук, доктор технических наук, профессор, Статс-секретарь – заместитель Министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Адрес: 109012, г. Москва, Театральный пр., д. 3. E-mail: artamonov\_vs@mail.ru

**Асаул Анатолий Николаевич** – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13.

Профессор ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.

Адрес: 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4. E-mail: asaul@yandex.ru

**Асаул Максим Анатольевич** – доктор экономических наук, заместитель директора Департамента транспорта и инфраструктуры Евразийской экономической комиссии.

Адрес: 115114, г. Москва, ул. Летниковская, д. 2, стр. 1, стр. 2. E-mail: asaul@ecommission.org

**Ашин Виталий Вячеславович** – главный инспектор оперативного отдела управления (оперативно-планового) Главного управления начальника Железнодорожных войск. E-mail: ashin1978@mail.ru

**Бабиков Игорь Александрович** – старший преподаватель кафедры пожарной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. E-mail: babikov.i.a@gmail.com

**Бардулин Евгений Николаевич** – кандидат экономических наук, профессор, начальник кафедры управления и интегрированных маркетинговых коммуникаций ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: e-mail: uimk@mail.ru

**Бельшина Юлия Николаевна** – кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.

**Бесков Максим Сергеевич** – ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: bmsmchs@yandex.ru

**Бикташева Айгуль Марселевна** – бакалавр Санкт-Петербургского государственного университета.

Адрес: 198504, г. Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский проспект, д. 35. E-mail: Abic312@mail.ru

**Бобрик Петр Петрович** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: bobrikpp@mail.ru

**Богданов Алексей Валентинович** – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и аварийных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.

Заместитель директора ФГБУК Государственный Эрмитаж.

Адрес: 190000, г. Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, д. 34. E-mail: bogdanov@hermitage.ru

**Боева Алина Алексеевна** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: silina.2015@mail.ru

**Бондар Александр Иванович** – кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника Северо-Западного регионального центра (по Государственной противопожарной службе) по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Адрес: 195197, г. Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д. 119.

**Бордученко Юрий Леонидович** – кандидат исторических наук, доцент, старший научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: yu-borduchenko@yandex.ru

**Борисов Александр Николаевич** – младший научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: bog\_fond93@mail.ru

**Брусянин Дмитрий Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: brus-spbg@yandex.ru

**Вислогузов Виктор Викторович** – кандидат технических наук, доцент, главный государственный инспектор Ломоносовского района Ленинградской области по пожарному надзору, руководитель органа дознания по пожарам Ломоносовского района Ленинградской области.

Адрес: 198412, г. Ломоносов, Дворцовый пр., д. 65. E-mail: cvvviktor72@mail.ru

**Власова Татьяна Владимировна** – старший преподаватель кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: Vlasova\_ti@mail.ru

**Воднев Сергей Александрович** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: vodnevsergei@bk.ru

**Гавахунова Рауана Азатжановна** – магистрант кафедры пожарной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

Адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. E-mail: rauana2007@mail.ru

**Долгова Марина Анатольевна** – доцент, ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова.

Адрес: 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7. E-mail: murvich@yandex.ru

**Дорожкин Александр Сергеевич** – старший преподаватель кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: alex01spb@yandex.ru

**Дрещинский Владимир Александрович** – доктор военных наук, профессор, Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВС РФ.

Адрес: 191123, г. Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10, литер А. E-mail: madresh@yandex.ru

**Дягелев Михаил Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоподготовки ФГБОУ ВО Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.

Адрес: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 7. E-mail: mdyagelev@yandex.ru

**Еналеев Анвер Касимович** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Московского отдела ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13.

E-mail: anverena@mail.ru

**Ермаков Евгений Павлович** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.

**Завальнюк Сергей Иванович** – кандидат технических наук, профессор, Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВС РФ.

Адрес: 191123, г. Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10, литер А.

**Захаров Виктор Васильевич** – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой математического моделирования энергетических систем Санкт-Петербургского государственного университета.

Адрес: 198504, г. Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский проспект, д. 35.  
E-mail: v.zaharov@spbu.ru

**Золотарёв Михаил Леонидович** – кандидат военных наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева.

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8.

**Зыбина Ольга Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. E-mail: zybina@gefest-spb.ru

**Иванов Алексей Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: spark002@mail.ru

**Иванов Константин Серафимович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой механики и инженерной графики ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: mechanika2002@yandex.ru

**Иванов Сергей Михайлович** – кандидат военных наук, доцент, научно-исследовательский отдел Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева.

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8.

**Ивахнюк Григорий Константинович** – профессор, доктор химических наук, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.

**Изотов Сергей Сергеевич** – ведущий инженер-конструктор Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота.

Адрес: 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кавалергардская, д. 6, лит. А. E-mail: izotov\_sergey@bk.ru

**Исаков Виталий Германович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова.

Адрес: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 7.  
E-mail: vodosnab@istu.ru

**Ищенко Андрей Дмитриевич** – кандидат технических наук, начальник учебно-научного комплекса пожаротушения Академии ГПС МЧС России.

Адрес: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4.

**Каменская Елизавета Александровна** – бакалавр Санкт-Петербургского государственного университета.

Адрес: 198504, г. Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский проспект, д. 35.  
E-mail: elizaveta1207@gmail.com

**Каминский Валерий Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией ФГБУН Институт проблем транспорта имени Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: Kaminskyvy@yandex.ru

**Квашнина Дарья Олеговна** – магистр кафедры пожарной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. E-mail: kwakusha94@yandex.ru

**Киселенко Анатолий Николаевич** – доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор, заведующий лабораторией проблем транспорта Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук.

Адрес: 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Коммунистическая, д. 26. E-mail: kiselenko@iespn.komisc.ru

**Кожухов Юрий Васильевич** – ведущий научный сотрудник научно-исследовательского центра фундаментальных военно-исторических проблем Военного университета МО Российской Федерации.

Адрес: 111033, г. Москва, ул. Волочаевская, д. 3/4. E-mail: yu.koshuchov@mail.ru

**Комашинский Владимир Ильич** – доктор технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: kama54@rambler.ru

**Конопак Антон Евгеньевич** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.

**Королева Людмила Анатольевна** – кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: lyudamil@mail.ru

**Краснов Василий Сергеевич** – кандидат военных наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева.

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8. E-mail: krasnovvs@mail.ru

**Круглеевский Владимир Николаевич** – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: skpo@bk.ru

**Крылатов Александр Юрьевич** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического моделирования энергетических систем Санкт-Петербургского государственного университета.

Адрес: 198504, г. Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский проспект, д. 35. E-mail: aykrylatov@yandex.ru

**Куприн Геннадий Николаевич** – кандидат технических наук, Генеральный директор ООО НПО «СОПОТ», Вице-президент Всемирной академии наук комплексной безопасности.

Адрес: 196070, г. Санкт-Петербург, а/я 87. E-mail: sopot@sopot.ru

**Кураков Андрей Валерьевич** – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13.

**Ларин Олег Николаевич** – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГНБУ Российский институт стратегических исследований.

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

**Ласточкин Николай Николаевич** – кандидат военных наук, Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВС РФ.

Адрес: 191123, г. Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10, литер А. E-mail: [Lasta555@mail.ru](mailto:Lasta555@mail.ru)

**Левчунец Иван Владимирович** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: [ivanlev@mail.ru](mailto:ivanlev@mail.ru)

**Легошин Андрей Донатович** – доцент кафедры аварийно-спасательных работ Академии гражданской защиты МЧС России.

Адрес: 141435, Московская обл., г. Химки, микрн. Новогорск, кор. 1. E-mail: [samo-1@yandex.ru](mailto:samo-1@yandex.ru)

**Лемешкова Алеся Валерьевна** – младший научный сотрудник Московского отдела ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: [aleslemesh@mail.ru](mailto:aleslemesh@mail.ru)

**Ложкин Владимир Николаевич** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: [vnlojkin@yandex.ru](mailto:vnlojkin@yandex.ru)

**Ложкина Ольга Владимировна** – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: [olojkina@yandex.ru](mailto:olojkina@yandex.ru)

**Лосев Михаил Александрович** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: [losev181983@mail.ru](mailto:losev181983@mail.ru)

**Лубенников Юрий Георгиевич** – кандидат военных наук, научно-исследовательский отдел Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева.

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8.

**Лукин Владимир Николаевич** – доктор политических наук, доцент, профессор кафедры философии и социальных наук ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: [lvn55555@mail.ru](mailto:lvn55555@mail.ru)

**Лукомская Ольга Юрьевна** – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: [luol@mail.ru](mailto:luol@mail.ru)

**Малащук Петр Александрович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук.

Адрес: 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, Коммунистическая, д. 26. E-mail: translab@iespn.komisc.ru

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

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13.

**Марасанова Ксения Николаевна** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект 149. E-mail: ksumars@yandex.ru

**Маринов Марин Любенов** – кандидат технических наук, Республика Болгария, г. Варна.

E-mail: marinlomsky@gmail.com

**Марченко Михаил Анатольевич** – кандидат технических наук, начальник кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: pastax@mail.ru

**Минкин Денис Юрьевич** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: snoxodec@list.ru

**Мирошник Александр Анатольевич** – адъюнкт Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва.

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8. E-mail: alexmiroschnik@mail.ru

**Мирфатуллаев Мир-Гусейн Мир-Шамиль оглы** – доктор технических наук.

Президент Межрегиональной межотраслевой строительной ассоциации саморегулируемых и профессиональных отраслевых организаций «Безопасность» (Ассоциация СРО «МОАБ»).

Адрес: г. Москва, ул. Мясницкая, д. 22, стр. 1. E-mail: info@moab.ru

**Мифтахутдинова Александра Артуровна** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: mifafto@mail.ru

**Морозова Евгения Юрьевна** – ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: zhenya.morozova195@mail.ru

**Моторыгин Юрий Дмитриевич** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: fire-risk@mail.ru

**Мугайских Александр Всеволодович** – магистр кафедры математического моделирования энергетических систем Санкт-Петербургского государственного университета.

Адрес: 198504, Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский проспект, д. 35.

**Мусиенко Тамара Викторовна** – доктор политических наук, заместитель начальника по научной работе, профессор кафедры философии и социальных наук ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: tvn77777@mail.ru

**Новиков Станислав Сергеевич** – доцент, преподаватель кафедры технического обеспечения и техника железнодорожных войск Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва.

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8. E-mail: Stas\_novikov\_2015@inbox.ru

**Носков Сергей Иванович** – доктор технических наук, профессор, руководитель научно-образовательной лаборатории моделирования сложных систем, профессор кафедры информационных систем и защиты информации ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет путей сообщения.

Адрес: 664047, г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15. E-mail: sergey.noskov.57@mail.ru

**Образцов Иван Викторович** – адъюнкт Военно-морского политехнического института.

Адрес: 196604, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Кадетский бульвар, д. 1. E-mail: lion-jan@ya.ru

**Остудин Никита Вадимович** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: ostudin92@mail.ru

**Пантелеев Роман Анатольевич** – преподаватель Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва.

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8. E-mail: pantel98@mail.ru

**Печурин Александр Алексеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: pechurinas@mail.ru

**Пилявец Олег Григорьевич** – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры организации повседневной деятельности и безопасности военной службы Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва.

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8. E-mail: oleg-pilyavec@yandex.ru

**Полякова Виктория Игоревна** – магистрант кафедры пожарной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. E-mail: vik5698@yandex.ru

**Приймак Виктор Владимирович** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: prvv98.ru@mail.ru

**Протопопов Валерий Александрович** – заместитель начальника Восточно-Сибирской железной дороги - филиала ОАО «РЖД».

Адрес: 664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, д. 7. E-mail: pr@irk.esrr.ru

**Пучков Владимир Николаевич** – старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела (исследования проблем транспортного обеспечения войск (сил) Научно-исследовательского института (ВСИ МТО ВС РФ) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева.

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8. E-mail: pvn120771@mail.ru

**Рушкина Ксения Сергеевна** – магистр кафедры пожарной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. E-mail: 73rusha@gmail.com

**Ручкин Антон Александрович** – адъюнкт Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева.

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8. E-mail: ruchkin.1989@inbox.ru

**Рыбицкий Максим Владимирович** – старший научный сотрудник Научно-исследовательского института военно-системных исследований МТО ВС РФ.

Адрес: 191123, г. Санкт-Петербург, Воскресенская наб., д. 10, литер А.

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

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: ssavushkin@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.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: gnsww2@mail.ru

**Селиверстов Святослав Александрович** – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: seliverstov\_s\_a@mail.ru

**Селиверстов Ярослав Александрович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий ФГБУН Институт проблем транспорта имени Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: maxwell\_8-8@mail.ru

**Сидоренко Елена Анатольевна** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: aleha94@list.ru

**Синешук Юрий Иванович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: sinegal@rambler.ru

**Скорыходов Дмитрий Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: skorohodda@mail.ru

**Смирнов Алексей Сергеевич** – доктор технических наук, профессор, Первый заместитель начальника Национального центра управления в кризисных ситуациях МЧС России.

Адрес: 109012, г. Москва, ул. Ватутина, д. 1. E-mail: sas\_112@mail.ru

**Сморыго Владимир Валерьевич** – кандидат технических наук, советник директора СПб ГАУ Центр государственной экспертизы, начальник сектора пожарной и промышленной безопасности.

Адрес: 191023, г. Санкт-Петербург, ул. Зодчего Росси, д. 1/3.

**Соболевский Александр** – Монреаль, Канада.

E-mail: skorohodda@mail.ru

**Соколов Борис Владимирович** – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГБУН Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 14 линия, В.О., д. 39. E-mail: sokol@iias.spb.su

**Стариченков Алексей Леонидович** – доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: alstar72@yandex.ru

**Сундуков Евгений Юрьевич** – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук.

Адрес: 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Коммунистическая, д. 26. E-mail: translab@iespn.komisc.ru

**Сытдыков Максим Равильевич** – кандидат технических наук, заместитель начальника кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.

**Танклевский Леонид Тимофеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры пожарной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. E-mail: tanklevskiy@gefest-spb.ru

**Таранцев Александр Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13.

Профессор ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: t\_\_54@mail.ru

**Тарасов Дмитрий Эдуардович** – аспирант, ассистент кафедры ФГБОУ ВО Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II.

Адрес: 127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9. E-mail: detarasov@mail.ru

**Тимофеева Елена Валерьевна** – магистр кафедры пожарной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. E-mail: timofeeva.helen@mail.ru

**Торопов Дмитрий Павлович** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: dmitrytoropov2012@yandex.ru

**Трофимец Елена Николаевна** – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: ezemifort@inbox.ru

**Трудов Олег Геннадьевич** – начальник отдела научно-технических программ Департамента технической политики ОАО «Российские железные дороги».

Адрес: 107174, г. Москва, Новая Басманная, д. 2. E-mail: joss@mail.ru

**Тюленев Кирилл Геннадьевич** – начальник отдела технического регулирования и стандартизации в машиностроении Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ).

Адрес: 109074, г. Москва, Китайгородский проезд, д. 7, строение 1. E-mail: kirilltulenev@mail.ru

**Уманец Дмитрий Михайлович** – заместитель начальника управления международного взаимодействия, Национальный центр управления в кризисных ситуациях МЧС России.

Адрес: 109012, г. Москва, ул. Ватутина, д. 1. E-mail: umanets@list.ru

**Устинов Андрей Александрович** – магистрант кафедры пожарной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. E-mail: ustinov.andrey1994@gmail.com

**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.

Адрес: 199178, Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: shakeebf@mail.ru

**Фискевич Александр Сергеевич** – адъюнкт кафедры организации повседневной деятельности и безопасности военной службы Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва.

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8. E-mail: shuraF1981@yandex.ru

**Фомина Ирина Валерьевна** – научный сотрудник лаборатории проблем транспорта Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук.

Адрес: 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Коммунистическая, д. 26. E-mail: translab@iespn.komisc.ru

**Целикова Татьяна Владимировна** – начальник отдела договоров и экономического анализа ОАО «Российские железные дороги».

Адрес: 107174, г. Москва, Новая Басманная, д. 2. E-mail: ctv1@mail.ru

**Цыганов Владимир Викторович** – доктор технических наук, профессор, заведующий Московским отделом ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: av188958@akado.ru

**Черных Андрей Климентьевич** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: nataliachernykh@mail.ru

**Юсупов Рафаэль Мидхатович** – доктор технических наук, профессор, член корреспондент РАН, директор ФГБУН Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 14 линия, В.О., д. 39. E-mail: yusupov@iias.spb.su

**Шаталова Наталья Викторовна** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. Санкт-Петербург, 12 линия, В.О., д. 13. E-mail: shatillen@mail.ru

**Шевелёва Анна Анатольевна** – младший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук.

Адрес: 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Коммунистическая, д. 26. E-mail: translab@iespn.komisc.ru

**Шидловский Александр Леонидович** – кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры практической подготовки сотрудников пожарно-спасательных формирований ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: aist Ugps@mail.ru

**Широколобова Анастасия Павловна** – аспирант, ассистент кафедры математического моделирования энергетических систем Санкт-Петербургского государственного университета.

Адрес: 198504, г. Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский проспект, д. 35. E-mail: a.shirokolobova@spbu.ru

**Широухов Александр Валерьевич** – заместитель начальника кафедры механики и инженерной графики ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: mehanika2002@yandex.ru

**Шурыгин Максим Андреевич** – старший научный сотрудник, начальник научно-исследовательской группы пожаротушения учебно-научного комплекса пожаротушения Академии ГПС МЧС России.

Адрес: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4.

**Щенков Артем Дмитриевич** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149. E-mail: temashen@yandex.ru

**Яшин Михаил Геннадьевич** – кандидат технических наук, доцент, докторант Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва.

Адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8. E-mail: maik1771@rambler.ru

### *Information about authors*

**Abramov Aleksandr VI.** – master-student of Fire Safety department of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

Address: 29, Polytechnicheskaya Str., St.Petersburg, 195251, Russian Federation.  
E-mail: uklu@bk.ru

**Aksenkin Vitaly I.** – Candidate of Military Sciences, Head of research department Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev.

Address: 8, Makarov Embankment, St.Petersburg, 199034, Russian Federation.  
E-mail: Vit\_aks74@mail.ru

**Alekseenko Yaroslav V.** – adjunct of the Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.

**Antyukhov Valeriy I.** – Ph.D, Professor, Professor of Chair of System Analysis and Crisis Management of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: antyukhovvi@yandex.ru

**Arakcheev Aleksandr V.** – Senior Teacher of Fire Safety department of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University.

Address: 29, Polytechnicheskaya Str., St.Petersburg, 195251, Russian Federation.  
E-mail: arakcheev@gefest-spb.ru

**Artamonov Vladimir S.** – Doctor of military sciences, Doctor of technical sciences, professor, State Secretary – deputy minister of the Russian Federation for civil defense, emergencies and elimination of consequences of natural disasters.

Address: 3, Teatralny Pr., Moscow, 109012, Russian Federation. E-mail: artamonov\_vs@mail.ru

**Asaul Anatolii N.** – Doctor of Economic Sciences, Professor, of the Chief researcher of the Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Science.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation.

Professor of the Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering.

Address: 4, 2-nd Krasnoarmeiskaya Str., St. Petersburg, 190005, Russian Federation.

E-mail: asaul@yandex.ru

**Asaul Maxim A.** – Doctor of Economic Sciences, Deputy Director of Department of Transport and Infrastructure of the Euroasian Economic Commission.

Address: 2, Letnikovskaya Str., bld.1/2, Moscow, 115114, Russian Federation. E-mail: asaul@eecommission.org

**Ashin Vitaly V.** – Chief Inspector of Operations Section of Management (Operational and Planned) Head Department of the Chief of Railway Troops. E-mail: ashin1978@mail.ru

**Babikov Igor Al.** – senior teacher of Fire Safety department of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University.

Address: 29, Polytechnicheskaya Str., St.Petersburg, 195251, Russian Federation.  
E-mail: babikov.i.a@gmail.com

**Bardulin Evgenyi N.** – Candidate of Economic Sciences, Professor Chair Management and Integrated Marketing Communications of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: e-mail: uiimk@mail.ru

**Belshina Julia N.** – Ph.D., Head of the Department of Forensics and Technical Expertise of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.

**Beskov Maxim S.** – Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.

E-mail: bmsmchs@yandex.ru

**Biktasheva Ajgul' M.** – bachelor of Saint-Petersburg State University.

Address: 35, Universitetskii prospekt, Petergof, Saint Petersburg, 198504, Russian Federation. E-mail: Abic312@mail.ru

**Bobrik Petr P.** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: bobrikpp@mail.ru

**Bogdanov Alexey V.** – Ph.D., Associate Professor, Professor of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.

E-mail: bogdanov@hermitage.ru

**Boeva Alina A.** – adjunct of Faculty Preparation Highly Qualified Personnel of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.

E-mail: silina.2015@mail.ru

**Bondar Alexander I.** – Ph.D., Associate Professor, Deputy chief of the Northwest Regional Center Emercom of Russia.

Address: 119, Metallistov prospekt, St. Petersburg, 195197, Russian Federation.

**Borduchenko Jurij L.** – PhD, Associate Professor, Senior Researcher of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: yu-borduchenko@yandex.ru

**Borisov Aleksandr N.** – Junior Researcher of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: bor\_fond93@mail.ru

**Brusyanyn Dmitry V.** – PhD of Technical Sciences, docent Department Fire, Emergency-Rescue Equipment and Car Economy of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.

E-mail: brus-spbg@yandex.ru

**Chernykh Andrey K.** – Doctor of Engineering, Associate Professor of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.

E-mail: nataliachernykh@mail.ru

**Diagelev Mikhail I.** – Candidate of Technical Sciences, Docent of Kalashnikov Izhevsk State Technical University.

Address: 7, Studencheskaya, Izhevsk, Udmurt Republic, 426069, Russian Federation.

E-mail: mdyagelev@yandex.ru

**Dolgova Marina A.** – Docent, Admiral Makarov State University Maritime and Inland Shipping.

Address: 5/7, Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation. E-mail: murvich@yandex.ru

**Dorozhkin Alexander S.** – senior lecturer of the Department of fire safety of buildings and automated fire suppression systems of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: alex01spb@yandex.ru

**Dreshchinskiy Vladimir A.** – Doctor of Military Science, Professor, Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation.

Address: 10, letters A, Voskresenskaya Emb., St. Petersburg, 191123, Russian Federation. E-mail: madresh@yandex.ru

**Enaleev Anver K.** – Ph.D., Leading Researcher of Moscow department of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: anverena@mail.ru

**Ermakov E.P.** – adjunct of Faculty Preparation Highly Qualified Personnel of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.

**Fahmi Shakib S.** – Doctor of Science (Tech.), docent, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher of the Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Science.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: shakeebf@mail.ru

**Fiskevich Alexander S.** – associate chair of the Organization's Daily Activities and safety of Military Service, Lt. Military Institute (Railway troops and military communications), Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev.

Address: 8, Makarov Embankment, St.Petersburg, 199034, Russian Federation.  
E-mail: shuraF1981@yandex.ru

**Fomina Irina V.** – researcher of the Laboratory of transportation problems of Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences.

Address: 26, Syktyvkar, Respublika Komi, 167982, Russian Federation. E-mail: translab@iespn.komisc.ru

**Gavakhunova Rauana A.** – master-student at the "Fire safety" Department of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Address: 29, Polytechnicheskaya Str., St.Petersburg, 195251, Russian Federation.

**Isakov Vitalii G.** – Doctor of Technical Sciences, Professor of Kalashnikov Izhevsk State Technical University.

Address: 7, Studencheskaya, Izhevsk, Udmurt Republic, 426069, Russian Federation.  
E-mail: vodosnab@istu.ru

**Ishchenko Andrei D.** – Candidate of Technical Sciences, Chief of an Educational and Scientific Complex of Fire Extinguishing of Academy of the PFS Emercom of Russia.

Address: 4, Boris Galushkin Str., 4, Moscow, 129366, Russian Federation.

**Isotov Sergey S.** – leading engineer-designer, Ltd “Central Marine research & Design Institute”.

Адрес: 6, lit. A., Kavalergardskaya Str, St.Petersburg, 191015, Russian Federation. E-mail: izotov\_sergey@bk.ru

**Ivakhnyuk Grigory K.** – professor, doctor of chemical sciences, professor of the department of fire safety of technological processes and production of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.

**Ivanov Aleksey V.** – Candidate of Technical Sciences, Docent of Department of Fire safety of Technological Processes and Production of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: spark002@mail.ru

**Ivanov Konstantin S.** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanics and Engineering Graphics of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.

E-mail: mechanika2002@yandex.ru

**Ivanov Sergey M.** – PhD in Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of Researching Department Military Educational Institution of Logistics named after Gtntral of the Army A.V. Khrulev.

Address: 8, Makarov Embankment, St.Petersburg, 199034, Russian Federation.

**Kamenskaja Elizaveta A.** – bachelor of Saint-Petersburg State University.

Address: 198504, Russian Federation. E-mail: elizaveta1207@gmail.com

**Kaminsky Valery Y.** – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Head of the Laboratory of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation.

E-mail: Kaminskyvy@ yandex.ru

**Kiselenko Anatoly N.** – Doctor of technical and economics sciences, professor, Head of the Laboratory of transportation problem of Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences.

Address: 26, St. Kommunisticheskaya, Syktyvkar, Respublika Komi, 167982, Russian Federation. E-mail: kiselenko@iespn.komisc.ru

**Komashinskiy Vladimir I.** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Director for Science of the Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

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

**Konopak Anton E.** – graduate student of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.

**Koroleva Lydmila A.** – candidate of technical sciences, associate professor, deputy head of fire, rescue equipment and vehicle fleet department Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: lyudamil@mail.ru

**Kozhuhov Yuri V.** – Leading Researcher Research Center of fundamental problems of military history Military University of the Russian Federation Ministry of Defense

Address: 3/4, Volochayevskaya Str., Moscow, Russian Federation. E-mail: yu.koshuchov@mail.ru

**Krasnov Vasily S.** – Candidate of Military Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher of Researching Department Military Educational Institution of Logistics named after Gtntral of the Army A.V. Khrulev.

Address: 8, Makarov Embankment, St.Petersburg, 199034, Russian Federation.  
E-mail: krasnovvs@mail.ru

**Krugleevsky Vladimir N.** – Doctor of technical Sciences, associate Professor, Leading researcher of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: skpo@bk.ru

**Krylatov Aleksandr J.** – Ph.D., Associate Professor of Department of Mathematical Modelling of Energetic Systems of Saint-Petersburg State University.

Address: 198504, Russian Federation. E-mail: aykrylatov@yandex.ru

**Kuprin Gennadiy N.** – Ph.D., General Director of NGO "SOPOT", Vice-President of VANCB, academic NOP.

Address: a/b 87, Saint-Petersburg, 196070, Russian Federation. E-mail: sopot@sopot.ru

**Kurakov Andrey V.** – PhD, senior researcher of the Laboratory of problems of Development of transport systems and technologies of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation.

**Kvashnina Daria O.** – master of Fire Safety department of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University.

Address: 195251, Russian Federation. E-mail: tanklevskiy@gefest-spb.ru

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

Address: 15B, Flotskaya Str., Moscow, 125413, Russian Federation. E-mail: larin\_on@mail.ru

Lastochkin Nikolay N. – Candidate of Military Sciences, Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation.

Address: Institute of System Researches of Logistics Armed Forces of the Russian Federation, letters A, 10, Voskresenskaya Emb., St. Petersburg, 191123, Russian Federation. E-mail: Lasta555@mail.ru

**Legoshin Andrew D.** – Associate Professor Department of emergency rescue operations Academy of Civil Defence EMERCOM of Russia.

Address: korp.1, mikr. Novogorsk, Khimki, Moskovskaya obl., 141435, Russian Federation. E-mail: camo-1@yandex.ru

**Lemeshkova Alesia V.** – Junior Researcher of Moscow department of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: aleslemesh@mail.ru

**Levchunec Ivan V.** – graduate student of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation. E-mail: ivan-lev@mail.ru

**Losev Mikhail A.** – adjunct faculty 1st year training of highly qualified personnel of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation. E-mail: losev181983@mail.ru

**Lozhkin Vladimir N.** – Dr. Sci. Tech., Professor, Honored scientist of the Russian Federation, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation. E-mail: vnlojkin@yandex.ru

**Lozhkina Olga V.** – PhD in Sci. Chem, Associate Professor, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation. E-mail: olojkina@yandex.ru

**Lubennikov Yuri G.** – PhD in Military Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher of Researching Department Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev.

Address: 8, Makarov Embankment, St.Petersburg, 199034, Russian Federation.

**Lukin Vladimir N.** – Doctor of Political Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Philosophy and Social Sciences of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: lvn55555@mail.ru

**Lukomskaya Olga Y.** – PhD, Leading Researcher of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: luol@mail.ru

**Malashchuk Petr A.** – PhD, Senior Researcher of the Laboratory of transportation problems of Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences.

Address: 26, Kommunisticheskaya Str., Syktyvkar, Respublika Komi, 167982, Russian Federation. E-mail: translab@iespn.komisc.ru

**Malygin Igor G.** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

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

**Marasanova Kseniya N.** – adjunct, Faculty of highly qualified personnel training of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: E-mail: ksu-mars@yandex.ru

**Marinov Marin Ljubenov** – Ph.D., Bulgaria, Varna E-mail: marinlomsky@gmail.com

**Marchenko Mikhail A.** – PhD of Technical Sciences, Chief Department of Fire, Emergency-Rescue Equipment and Car Economy of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: past-ax@mail.ru

**Miftakhutdinova Alexandra A.** – adjunct faculty 1st year of training of highly qualified personnel of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: mif-afto@mail.ru

**Minkin Denis. Y.** – Doctor of Technical Sciences, Professor. Department of Fire Safety of Buildings and Automated Fire Extinguishing Systems of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: snoxodec@list.ru

**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".

Address: stroenie 1, 22, Myasnitskaya St., Moscow, 101000, Russian Federation.

E-mail: info@moab.ru

**Miroshnik Alexandr A.** – graduated in a Military academy of logistics and transport named after General A.V. Khrulev.

Address: 8, Makarov Embankment, St.Petersburg, 199034, Russian Federation.  
E-mail: alexmiroschnik@mail.ru

**Morozova Evgeniya U.** – Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: zhenya.morozova195@mail.ru

- Motorygin Uryi D.** – Dr. Tech. Sci., Professor, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.  
Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: fire-risk@mail.ru
- Mugaikikh Alexandr V.** – magister Mathematical Modelling of Energetic Systems of Saint-Petersburg State University.  
Address: 35, Universitetskii prospekt, Petergof, Saint Petersburg, 198504, Russian Federation.
- Musienko Tamara V.** – Doctor of Political Sciences, Deputy Chief for Research, Professor of the Department of Philosophy and Social Sciences of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.  
Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: tvn77777@mail.ru
- Noskov Sergey I.** – Doctor of technical Sciences, Professor, Irkutsk State Transport University.  
Address: 15, Chernyshevsky Str., Irkutsk, 664047, Russian Federation. E-mail: sergey.noskov.57@mail.ru
- Novikov Stanislav S.** – Associate Professor, Teacher of Department of Technical Providing and Equipment of Railway Troops of Military Institute (Railway Troops and Military Communications) of Military Academy of Material & Technical Support of Name of the General Of Army A.V. Hrulev.  
Address: 8, Makarov Embankment, St.Petersburg, 199034, Russian Federation.  
E-mail: Stas\_novikov\_2015@inbox.ru
- Obraztsov Ivan V.** – adjunct of Naval Polytechnic Institute.  
Address: 1, Kadetsky Boul., Pushkin, St. Petersburg, 196604, Russian Federation.  
E-mail: lion-jan@ya.ru
- Ostudin Nikita V.** – adjunct, Faculty of highly qualified personnel training of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.  
Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: ostudin92@mail.ru
- Panteleev Roman A.** – Military institute of railway armies and military transport Military Educational Institution of Logistics named after Gtntral of the Army A.V. Khrulev.  
Address: 8, Makarov Embankment, St.Petersburg, 199034, Russian Federation.  
E-mail: pantel98@mail.ru
- Pechurin Alexander A.** – PhD of Technical Sciences, docent Department of Fire, Emergency-Rescue Equipment and Car Economy of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.  
Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: pechurinas@mail.ru
- Pilyavets Oleg G.** – Candidate of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of the Organization of daily activity and safety of military service of Military institute (Railway troops and military communications), Military Educational Institution of Logistics named after Gtntral of the Army A.V. Khrulev.  
Address: 8, Makarov Embankment, St.Petersburg, 199034, Russian Federation.  
E-mail: oleg-pilyavec@yandex.ru
- Polyakova Victoria I.** – master-student at the "Fire safety" Department of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University  
Address: 29, Polytechnicheskaya Str., St.Petersburg, 195251, Russian Federation.
- Priymak Victor V.** – adjunct Faculty Preparation Highly Qualified Personnel of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia”.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: pvv98.ru@mail.ru

**Protopopov Valery A.** – Deputy head of East Siberian Railways – branch of JSC "Russian Railways".

Address: 7, Karl Marx Str., Irkutsk, 664003, Russian Federation. E-mail: pr@irk.esrr.ru

**Puchkov Vladimir N.** – Senior Researcher of the Research Department (research of problems of transport maintenance of troops (forces)) scientific-research institute (TNI MTO the armed forces of Russian Federation) of Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev.

Address: 8, Makarov Embankment, St.Petersburg, 199034, Russian Federation.  
E-mail: pvn120771@mail.ru

**Ruchkin Anton A.** – graduate student of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: ruchkin.1989@inbox.ru

**Rushkina Kseniya S.** – master-student of Fire Safety department of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

Address: 29, Polytechnicheskaya Str., St.Petersburg, 195251, Russian Federation. E-mail: 73rusha@gmail.com

**Rybicki Maxim V.** – Leading Researcher, Institute of system researches of logistics Armed Forces of the Russian Federation.

Address: letters A, 10, Voskresenskaya Emb., St. Petersburg, 191123, Russian Federation.

**Savushkin Sergey A.** – PhD (Math), Senior Scientist, Leading Researcher Moscow Department of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: pvn120771@mail.ru

**Seliverstov Svyatoslav A.** – PhD, Researcher of the Laboratory of Problems of Development of Transport Systems and Technologies of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: seliverstov\_s\_a@mail.ru

**Seliverstov Yroslav A.** – PhD, Senior Researcher of the Laboratory of Problems of Development of Transport Systems and Technologies of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: maxwell\_8-8@mail.ru

**Shatalova Natalya V.** – Ph.D., Leading Researcher of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

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

**Shchenkoy Artem D.** – aspirant of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: temashen@yandex.ru

**Sheveleva Anna A.** – junior researcher of the Laboratory of transportation problem of Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences.

Address: 6, Kommunisticheskaya Str., Syktyvkar, Respublika Komi, 167982, Russian Federation. E-mail: [translab@iespn.komisc.ru](mailto:translab@iespn.komisc.ru)

**Shidlovsky Alexander L.** – PhD, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation. E-mail: [e-mail:aist\\_ugps@mail.ru](mailto:e-mail:aist_ugps@mail.ru)

**Shirokolobova Anastasiya P.** – Assistant of Department of Mathematical Modelling of Energetic Systems of Saint-Petersburg State University.

Address: 198504, Russian Federation. E-mail: [a.shirokolobova@spbu.ru](mailto:a.shirokolobova@spbu.ru)

**Shiroukhov Alexandr V.** – Deputy Chief of the Department of Mechanics and Engineering Graphics of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation. E-mail: [mechanika2002@yandex.ru](mailto:mechanika2002@yandex.ru)

**Shurygin Maxim A.** – Senior Research Associate, Chief of Research Group of Fire Extinguishing of Academy of the PFS Emercom of Russia.

Address: 4, Boris Galushkin Str., Moscow, 129366.

**Sidorenko Elena A.** – adjunct, Faculty of highly qualified personnel training of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation. E-mail: [aleha94@list.ru](mailto:aleha94@list.ru)

**Sineshchuk Yuri I.** – Doctor of Technical Sciences, professor; professor of the Department of fire safety of buildings and fire protection automated systems of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation. E-mail: [sinegal@rambler.ru](mailto:sinegal@rambler.ru)

**Skorokhodov Dmitriy A.** – Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Chief Researcher Officer of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: [skorohodda@mail.ru](mailto:skorohodda@mail.ru)

**Smirnov Alexey S.** – Dr. Tech. Sci., Professor, First Deputy Chief, National Crisis Management Center of EMERCOM of Russia.

Address: 1, Vatutin St., Moscow, Russian Federation. E-mail: [sas\\_112@mail.ru](mailto:sas_112@mail.ru)

**Smorygo Vladimir V.** – Advisor to the Director of SPb GAU "Center of state expertise" the chief of the fire and industrial safety candidate of technical Sciences.

Address 1/3, Architect Rossi St., St. Petersburg, 191023, Russian Federation.

**Sobolevski Aleksandr** – Monreal, Canada

E-mail: [skorohodda@mail.ru](mailto:skorohodda@mail.ru)

**Sokolov Boris V.** – Dr. Eng., Professor, Honored worker of Science and Technology of the Russian Federation, Deputy Director for Research of St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences.

Address: 39, 14 Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: [sokol@iias.spb.su](mailto:sokol@iias.spb.su)

**Starichenkov Alexey L.** – Doctor of technical Sciences, associate Professor, Head of Laboratory of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: [alstar72@yandex.ru](mailto:alstar72@yandex.ru)

**Svidzinskaya Galina B.** – candidate of chemical science, associate professor, professor of physical and chemical principles of combustion and fire suppression department of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.  
E-mail: gns2@mail.ru

**Syndykov Evgeny U.** – PhD, Senior Researcher of the Laboratory of Transportation Problems of Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences.

Address: 26, Kommunisticheskaya Str., Syktyvkar, Respublika Komi, 167982, Russian Federation. E-mail: translab@iespn.komisc.ru

**Sydykov Maxim R.** – Ph.D, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.

**Tanklevskiy Leonid T.** – Doctor of Technical Sciences, Professor of Fire Safety department of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University.

Address: 195251, Russian Federation. E-mail: tanklevskiy@gefest-spb.ru

**Tarantsev Alexander A.** – Doctor of technical sciences, Professor, Head of Laboratory of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences, 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation.

Professor of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation.

E-mail: t\_\_54@mail.ru

**Tarasov Dmitry E.** – Postgraduate, Teaching Assistant of the Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

Address: 9, Obrazcova Street, Moscow, 127994, Russian Federation. E-mail: detarasov@mail.ru

**Timofeeva Elena V.** – master-student of Fire Safety department of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University.

Address: 29, Polytechnicheskaya Str., St.Petersburg, 195251, Russian Federation. E-mail: timofeeva.helen@mail.ru

**Toropov Dmitry P.** – adjunct of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation. E-mail: dmitrytoropov2012@yandex.ru

**Trophimets Elena N.** – PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor, of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation. E-mail: ezemifort@inbox.ru

**Trudov Oleg G.** – Head of the department of scientific and technical programs of Technical Policy Department, OJSC "Russian Railways".

Address: 2, New Basmannaya, Moscow, 107174, Russian Federation. E-mail: joss@mail.ru.

**Tselikova Tatiana V.** – Head of the Department of contracts and economic analysis, JSC "Russian Railways".

Address: 2, New Basmannaya, Moscow, 107174, Russian Federation. E-mail: ctv1@mail.ru

**Tsyganov Vladimir V.** – Doctor of Science (Tech.), Professor, Head Moscow department of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

Address: 13, 12-th Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: av188958@akado.ru

**Tulenev Kirill G.** – Head of technical regulation branch – machinery production, ROSSTANDART.

Адрес: 7, Kitaigorodsky Drive, 109074, Moscow, Russian Federation. E-mail: kirilltulenev@mail.ru

**Umanets Dmitry M.** – Deputy Head of International Cooperation Department, National Crisis Management Center of EMERCOM of Russia.

Address: 1, Vatutin Str., Moscow, Russian Federation. E-mail: umanets@list.ru

**Ustinov Andrey A.** – master-student at the "Fire safety" Department of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University.

Address: 29, Polytechnicheskaya Str., St.Petersburg, 195251, Russian Federation. E-mail: ustinov.andrey1994@gmail.com

**Vislogusov Victor V.** – PhD., Associate Professor, Head of department of supervising Activities of Lomonosovsky district of Management of Supervising Activities of the Head department of the Ministry of Emergency Measures of Russia of the Leningrad region.

Address: 65, Dvortsovy Ave., Mr. Lomonosov, 198412, Russian Federation.

**Vlasova Tatyana.V.** – Senior Lecturer of The Department of Fire Safety of Buildings And Automated Fire Extinguishing Systems of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation. E-mail: Vlasova\_ti@mail.ru

**Vodnev Sergey A.** – postgraduate of faculty of training of the highest category of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Address: 149, Moskovskiy prospekt, St.Petersburg, 196105, Russian Federation. E-mail: vodnevsergei@bk.ru

**Yashin Michael G.** – Candidate of technical sciences, associate professor, doctoral Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev.

Address: 8, Makarov Embankment, St.Petersburg, 199034, Russian Federation. E-mail: maikl771@rambler.ru

**Yusupov Rafael M.** – Correspondent member of RAS, Dr. Eng., Professor, Honored worker of Science and Technology of the Russian Federation, Director of St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences.

Address: 39, 14 Line VO, St.Petersburg, 199178, Russian Federation. E-mail: yusupov@iias.spb.su

**Zakharov Victor V.** – D.Sc., Professor, Head Mathematical Modelling of Energetic Systems of Saint-Petersburg State University.

Address: 35, Universitetskii prospekt, Petergof, Saint Petersburg, 198504, Russian Federation. E-mail: v.zaharov@spbu.ru

**Zavalnyk Serg I.** – Candidate of Technical Sciences, Professor, Institute of system researches of logistics Armed Forces of the Russian Federation.

Address: letters A, 10, Voskresenskaya Emb., St. Petersburg, 191123, Russian Federation.

**Zolotarev Michael L.** – Candidate of Military Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher of Researching Department Military Educational Institution of Logistics named after Gtntal of the Army A.V. Khrulev.

Address: 8, Makarov Embankment, St.Petersburg, 199034, Russian Federation.

**Zybina Olga A.** – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the "Fire safety" Department of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

Address: 29, Polytechnicheskaya Str., St.Petersburg, 195251, Russian Federation.

# **«ТРАНСПОРТ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ - 2016»**

## **ТОМ 1**

Материалы Международной научно-практической конференции

**29-30 НОЯБРЯ 2016 ГОДА**

Научное издание

Печатается в авторской редакции

---

Подписано в печать 15.12.2016

Заказ № 2471

Формат 60×841/8

Печать цифровая

Объем 49,4 п.л.

Тираж 150 экз.

---

Отпечатано в полиграфическом центре типографического комплекса  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.