

**Министерство транспорта Российской Федерации  
Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Ростовский государственный университет путей сообщения  
Филиал РГУПС в городе Воронеж**

**Актуальные проблемы и перспективы  
развития транспорта, промышленности и  
экономики России  
(Транспромэк 2025)**

**Труды научно-практической конференции  
Секция «Перспективные технологии на транспорте»**

**19 ноября 2025г.  
г. Воронеж**

**Воронеж 2025**

**Редакционная коллегия:**

**Гостева С.Р. – к.ист.н., доцент**  
**Гордиенко Е.П. – к.т.н., доцент**  
**Калачева О.А. – д.б.н., профессор**  
**Климентов Н.И. – к.т.н., доцент**  
**Лукин О.А. – к.ф.-м.н., доцент**  
**Рябко К.А. – к.т.н., доцент**  
**Спиридовон Е.Г. – д.т.н., профессор**  
**Тимофеев А.И. – к.э.н., доцент**

Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) / Труды научно-практической конференции Секция «Перспективные технологии на транспорте». – Воронеж: филиал РГУПС в г. Воронеж, 2025 – 308с.

Сборник статей подготовлен на основе докладов научной конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025)», состоявшейся 19 ноября 2025 в филиале РГУПС в г. Воронеж. Докладчики представили результаты исследований по различным аспектам развития железнодорожного транспорта в современной России.

Издание может быть полезно научным сотрудникам, преподавателям, студентам и аспирантам и всем, кто интересуется проблемами и перспективами транспортного развития России.

## Оглавление

<b>Негативные факторы наличия нежелательной растительности на территории расположения железных дорог</b>	
Богданова Л.Н.	8
<b>Технология работы сортировочной станции при снижении объема вагонопотока</b>	
Буракова А.В.	12
<b>Комплексный подход к разработке графика движения поездов</b>	
Буракова А.В.	15
<b>Факторы влияющие на развитие логистики</b>	
Буракова А.В.	18
<b>Рациональное соотношение объемов работы и технического оснащения речного порта</b>	
Буракова А.В., Иванкова Л.Н., Иванков А.Н.	20
<b>Особенности определения параметров, характеризующих взрывобезопасность средств обеспечения полетов авиации</b>	
Бородкин И.В., Яньшин С.А., Водопьянов Ю.И.	26
<b>ИТ-архитектура предприятия</b>	
Гордиенко Е.П.	29
<b>Разработка сервис-ориентированной архитектуры приложений SOA</b>	
Гордиенко Е.П.	33
<b>Токенизация активов</b>	
Гордиенко Е.П.	37
<b>Реализация защищенного веб-контента электронного бизнеса</b>	
Гордиенко Е.П.	40
<b>Применение информационных технологий в реинжиниринге бизнес-процессов</b>	
Гордиенко Е.П.	44
<b>Контрейлерные перевозки, перспективы развития</b>	
Журавлева И.В., Мадяр О.Н.	48
<b>Мультимодальная перевозка, как важная составляющая перевозочного процесса</b>	
Журавлева И.В., Мадяр О.Н.	51
<b>Мультимодальные перевозки в пассажирском сообщении</b>	
Журавлева И.В.	55
<b>Обслуживание маломобильных пассажиров на вокзальном комплексе</b>	
Журавлева И.В.	58
<b>Высокоскоростная магистраль, новая версия</b>	
Журавлева И.В.	61
<b>Безбалластная технология постройки верхнего строения пути для ВСМ</b>	
Журавлева И.В.	64

<b>Системы дистанционного видеонаблюдения – технология будущего в сфере передвижений вагонами вперед</b>	
Журавлева И.В.	67
<b>Реконструкция трансформаторных подстанций линий ДПР-27,5 кВ и АБ-6кВ</b>	
Казначеев А.Л., Климентов Н.И.	72
<b>Проектирование системы электроснабжения общественного здания</b>	
Казначеев А.Л., Климентов Н.И.	76
<b>Специфика психологической поддержки для людей, переживших травму</b>	
Калачева О.А.	80
<b>Минимизация медицинских последствий при происшествиях на транспорте железных дорог</b>	
Калачева О.А.	82
<b>Характерные черты действий по устраниению последствий аварий на железнодорожном транспорте</b>	
Калачева О.А.	84
<b>Обеспечение безопасности и устойчивости железнодорожного транспорта в условиях чрезвычайных ситуаций</b>	
Калачева О.А.	86
<b>Механизм предотвращения и устранения аварий и катастроф на железной дороге</b>	
Калачева О.А.	88
<b>Система обеспечения безопасности и оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации на железнодорожном транспорте</b>	
Калачева О.А.	90
<b>Организация спасательных мероприятий на железнодорожном транспорте</b>	
Калачева О.А.	92
<b>Планирование спасательных операций при авариях на железнодорожном транспорте</b>	
Калачева О.А.	94
<b>Работы по спасению и другим неотложным действиям при устраниении аварий на железнодорожном транспорте</b>	
Калачева О.А.	96
<b>Наиболее распространенные предпосылки для возникновения чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте</b>	
Калачева О.А.	98
<b>Анализ стационарных средств газификации сжиженных газов</b>	
Кокарев А.М., Гуньков М.Е., Шульгин Д.Ю.	100
<b>Рациональная компоновка органов управления блоком разделения воздуха газодобывающей станции малой производительности</b>	
Кокарев А.М., Шульгин Д.Ю., Гуньков М.Е.	104
<b>Работа с константами из памяти программ в контроллерах UNO</b>	
Кожевников А.А.	108

<b>Подсистемы учебного стенда автоблокировки</b>	
Кожевников А.А.	113
<b>Диагностика заземляющих устройств</b>	
Копицын С.В., Климентов Н.И.	116
<b>Измерение сопротивлений заземляющих устройств</b>	
Копицын С.В., Климентов Н.И.	121
<b>Повышение эффективности использования грузовых вагонов на основе анализа времени простоя на станциях погрузки и выгрузки</b>	
Куныгина Л.В.	125
<b>Анализ факторов, определяющих лояльность пассажиров к сервисам высокоскоростного железнодорожного транспорта, и повышение конкурентоспособности ВСМ-проектов</b>	
Куныгина Л.В.	129
<b>Развитие инфраструктуры и внедрение новых технологических решений на Юго-Восточной железной дороге в условиях роста объемов перевозок грузов</b>	
Куныгина Л.В.	132
<b>Исследование условий радиационного загрязнения на функционирование системы фильтрования приточного воздуха аэродромного кондиционера</b>	
Ланин С.П., Никулин И.Ю., Зайцев Д.В.	136
<b>Анализ эффективности использования струйных насосов и компрессоров в системах кондиционирования</b>	
Никулин И.Ю., Зайцев Д.В., Ланин С.П.	139
<b>Расчет плотности сжатых газов, применяемых в авиации</b>	
Желтоухов И.В., Воробьев А.А., Кирнос Д.С., Требунских М.С.	142
<b>Оптимизация литниково-питающей системы отливки с помощью СКМ «Полигон»</b>	
Печенкина Л.С., Лукин А.А.	147
<b>Принципы создания рабочего места оператора автоматической линии изготовления керамических изделий для литья по выплавляемым моделям</b>	
Печенкина Л.С., Лукин А.А.	149
<b>Основные механические свойства и субструктура пленок Рd</b>	
Юрьев В.А. Лукин А.А. Лукин О.А.	153
<b>Исследование микротвёрдости и прочности пленочных гетероструктур Mo – Cu</b>	
Юрьев В.А., Лукин А.А. Лукин О.А.	156
<b>Размещение специального оборудования транспортабельной установки получения водорода</b>	
Лялин К.Д., Козлов А.В.	159
<b>Применение контрольно-измерительных приборов на вокзале Воронеж – I</b>	
Луговая А.О., Климентов Н.И.	163
<b>Расчет приборной скорости с использованием первичного измерительного преобразователя – струйного автогенератора на основе эффекта Коанда</b>	
Малахова В.В., Малахов О.В., Малахова Я.О.	167

<b>Монтаж, испытания и ремонт заземляющих устройств тяговых подстанций</b>	
Милов А.И., Климентов Н.И. _____	172
<b>Исследование промышленных установок для производства кислорода</b>	
Овчаров В.Г., Демиденко Н.С., Востриков М.Р. _____	177
<b>Вопросы моделирования граничных условий разрушения ледового слоя устройством для очистки технологических поверхностей от снега и льда</b>	
Павлов В.М. _____	179
<b>Исследование долей численности видов нежелательной растительности, произрастающей на территориях линейных объектов</b>	
Платонов А.А., Платонова М.А. _____	183
<b>Исследование экспериментальных характеристик полосы, расчищаемой за один цикл работы корчевального оборудования</b>	
Платонов А.А., Коротких В.Н. _____	189
<b>Классификационное влияние критической ширины лесных граблей</b>	
Платонов А.А. _____	202
<b>Линейный инфраструктурный объект: определение, классификация</b>	
Платонов А.А. _____	208
<b>Анализ способов повышения эффективности охлаждения воздуха кондиционерами</b>	
Попов А.Н., Кузьмин Д.И., Борисов С.А. _____	212
<b>Варианты решения дефицита подвижного состава для перевозки цемента</b>	
Попова Е.А., Мадяр О.Н. _____	215
<b>Перспективные технологии перевозки сыпучих грузов</b>	
Попова Е.А. _____	219
<b>Новые тенденции развития складской логистики</b>	
Попова Е.А., Мадяр О.Н. _____	224
<b>Цифровые решения в транспограничной логистике</b>	
Попова Е.А. _____	227
<b>Новые пассажирские вагоны формата Т</b>	
Попова Е.А. _____	231
<b>Иновационные технологии досмотра вагонов</b>	
Попова Е.А. _____	234
<b>Современные технические средства коммерческого осмотра</b>	
Попова Е.А. _____	239
<b>Перспективы использования магнитных усилителей вместо электронных в аэродромно – подвижном агрегате</b>	
Прокофьев М.А. _____	242
<b>Интеллектуальная система контроля состояния машиниста: новый подход к безопасности движения на железной дороге</b>	
Рябко К.А. _____	245

<b>Анализ направлений повышения долговечности крышек цилиндров тепловозных дизелей</b>	
Рябко К.А. _____	249
<b>Исследование природных соединений для ускорения реакции переэтерификации при производстве биотоплива</b>	
Сафонов А.О., Пашинов А.П., Селиванов К.В. _____	254
<b>Разработка нового способа обработки сырья для производства биотоплива</b>	
Сафонов А.О. _____	258
<b>Изучение возможности использования отходов пищевой промышленности для получения жидких энергоносителей</b>	
Сафонов А.О., Пашинов А.П., Селиванов К.В. _____	261
<b>Проблемы метрологического обеспечения при технологическом развитии Российской Федерации</b>	
Спиридов Е.Г <sup>1</sup> , Гальцов И.И <sup>1</sup> , Бутов С.А <sup>2</sup> ._____	263
<b>Потери нефти и нефтепродуктов на местах базирования авиации при перекачке и хранении</b>	
Спиридов Е.Г., Матвиец Д.А. Золототрубов Д.Д., Стоянова Н.В. _____	269
<b>Разливы нефти и нефтепродуктов вследствие чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера</b>	
Спиридов Е.Г., Матвиец Д.А., Зобов П.В., Гальцов И.И. _____	274
<b>Разливы нефти и нефтепродуктов вследствие криминогенных хищений, террористических актов и военных действий</b>	
Спиридов Е.Г., Матвиец Д.А. Гальцов И.И., _____	278
<b>Токонесущие элементы электрических машин на основе высокотемпературных сверхпроводников</b>	
Спиридов Е.Г., Скребов Н.Н., Зобов П.В.. Коваль С.Д. _____	283
<b>Перспективные авиационные электроэнергетические комплексы и способы их реализации</b>	
Спиридов Е.Г., Зобов П.В., Золототрубов Д.Д. _____	287
<b>Укрупненная классификация уплотнений для турбомашин сложных технических устройств</b>	
Спиридов Е.Г., Скрипкин В.В., Гуртовой Е.Е. _____	290
<b>Роторные машины двигателей летательных аппаратов и роль уплотнительных узлов в повышении экономичности и экологичности</b>	
Спиридов Е.Г., Зобов П.В., Гуртовой Е.Е. _____	295
<b>Анализ способов получения водорода и возможности его использования в труднодоступных районах Российской Федерации</b>	
Тинаев В.И., Козлов А.В. _____	298
<b>Схемы питания и секционирования контактной сети</b>	
Филатов Д.А., Климентов Н.И. _____	303

УДК 625.589

**Негативные факторы наличия нежелательной растительности на территории расположения железных дорог**

Богданова Л.Н.

ВУНЦ ВВС ВВА

*Аннотация.* Удаление нежелательной растительности в зоне отчуждения железнодорожного пути обусловлено целым рядом факторов. В статье рассматриваются вопросы совершенствования процесса удаления указанной растительности посредством выявления негативных факторов воздействия на железнодорожный путь и соответствующую инфраструктуру.

*Ключевые слова:* железнодорожный путь, конструкция, нежелательная растительность, фактор, влияние, безопасность.

*Abstract.* For modern trucks, heavy-duty vehicles and buses, it is advisable to integrate a fire extinguishing system into their design. The paper examines the classification of fire extinguishing agents for freight vehicles, the advantages and disadvantages of fire extinguishing agents, and provides an example of a fire control and extinguishing system integrated into the design.

*Keywords:* vehicle, fire, extinguishing, system, classification, substances, monitoring.

В ходе выполнения работ по нормативному содержанию железнодорожного пути [3] с определенной периодичностью, самостоятельно или с привлечением аутсорсинговых компаний [4, 5], выполняются работы по удалению нежелательной растительности с железнодорожного пути и прилегающих территорий [7].

В целом, удаление растительности может потребоваться на балласте пути [2, 9], полосе отвода, а также на территории железнодорожной станции, включая прилегающую территорию к магазинам, производственным зданиям и складским помещениям.

Указанное удаление может осуществляться различными способами и методами [6, 8], при этом как показано на рис. 1, в общем случае есть 2 основные зоны управления растительностью: «балластная призма» и «полоса отвода».



Рисунок 1 – Зоны управления растительностью

Наличие нежелательной растительности отрицательным образом отражается на производственном процессе железной дороги, при этом можно выделить следующие факторы указанного негативного влияния.

*1. Нарушение структурной целостности дорожного полотна (балласта)*

Нежелательная растительность негативно влияет на структурную целостность железнодорожного полотна.

При строительстве железных дорог материал балласта выбирается таким образом, чтобы обеспечить свободный отвод воды, обеспечить структурную опору для вертикальных нагрузок и предотвратить перемещение шпал и рельсов во время эксплуатации рельсов и изменений температуры [2].

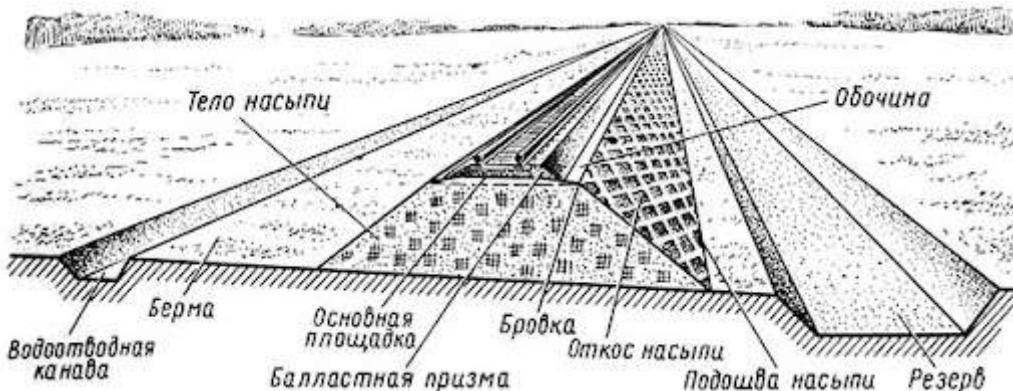


Рисунок 2 – Балластная призма

Вегетативный рост в балласте пути уменьшает дренаж (рис. 3). Правильный дренаж балластной призмы имеет решающее значение для стабильной конструкции пути. Растительность удерживает мелкие частицы, такие как ил или глина, и увеличивает содержание органических веществ в балласте, что, в свою очередь, снижает дренаж воды и приводит к дополнительному росту растительности и снижению целостности балласта. Когда способность балласта выдерживать вес поездов снижается, возникают проблемы с опорой, выравниванием и профилем пути, которые являются потенциальными причинами схода поездов с рельсов.



Рисунок 3 – Нежелательная растительность в балластной призме

Растительность, растущая в канавах на балластной обочине, может препятствовать надлежащему дренажу и способствовать затоплению или размыву путевой конструкции и прилегающих территорий. Чрезмерная влажность также способствуют преждевременному износу шпал и путевого оборудования, выход из строя которых также может привести к сходу поезда с рельсов.

*2. Нарушение безопасности выполнения осмотра пути*

Состояние путевой структуры и вагонов контролируется через регулярные промежутки времени с помощью сложного электронного и/или лазерного

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

инспекционного оборудования, которое требует прямой видимости и отсутствия растительности для обнаружения потенциальных дефектов. В дополнение к автоматизированному инспекционному оборудованию железнодорожники обязаны визуально осматривать как остановившиеся, так и движущиеся поезда на наличие возможных дефектов оборудования вагона, такого как колеса, подшипники и муфты [1]. Кроме того, крайне важно, чтобы обслуживающий персонал пути мог эффективно осматривать дорожное полотно пути и структуру пути, такую как стрелочные переводы, шпалы, рельсы и крепежные элементы.

Наличие растительности может существенно ухудшить надлежащий осмотр поездов и конструкции полотна пути.

### *3. Возможные опасности для населения*

Существует множество возможных источников воспламенения на железнодорожном транспорте, включая искры от тормозов, дизельных двигателей, колес, перегрева подшипников и работы рельсошлифовального оборудования. Источники воспламенения в сочетании с сухим кустарником и сорняками в жарких сухих условиях представляют опасность пожара и могут причинить вред населению или повредить здания, имущество или окружающую среду.

### *4. Возможные опасности для сотрудников*

Наличие растительности может быть опасным для работников, выполняющих свои ежедневные обязанности на трассе. Поездные бригады должны иметь возможность безопасно ходить рядом с путями и забираться на поезда и выходить из них.

Обслуживающий персонал должен работать вокруг конструкции пути и на всей полосе отчуждения.

Вегетативный рост может препятствовать движению, создавать скользкие условия и создавать опасность спотыкания для сотрудников. Чрезмерная растительность может также скрывать такие опасности, о которых можно споткнуться, например оборудование, неровная поверхность или ямы.

### *5. Повреждение железнодорожной техники*

Наличие растительности, превышающей высоту рельса, может привести к влажным и скользким условиям движения поездов, что может повлиять на тягу и торможение локомотивов и оборудования. Это может привести к повреждению путей и компонентов локомотива. Скользкие условия требуют повышенного использования локомотивом тягового песка, который еще больше загрязняет балласт.

### *6. Сложности проведения технического обслуживания*

Чрезмерная растительность не только мешает сотруднику выполнять обязанности по техническому обслуживанию, такие как замена рельсов и шпал и доступ к местам хранения материалов, но также приводит к потере инструментов, путевого оборудования и другого оборудования, о которое сотрудники могут споткнуться.

Для удаления кустов и деревьев обычно требуется выборочное или полное удаление растительности в полосе отвода. Кусты и деревья в полосе отвода должны удаляться для того, чтобы:

- поддерживать видимость (т.е. линии обзора) на железных дорогах, в том числе при их пересечениях с пешеходными переходами;
- поддерживать видимость линий обзора на поворотах;
- обеспечить четкую видимость железнодорожных знаков и сигналов;
- поддерживать целостность железнодорожного сообщения и линий электропередач;
- снизить физическую опасность для обучающих бригад и обслуживающего персонала путей, которые должны работать на этих участках;
- уменьшить потенциал пожарной опасности.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Другие обстоятельства, которые могут потребовать удаления растительностью в пределах полосы отвода, могут включать:

- древесная растительность и кустарники мешают нормальному функционированию оборудования;
- растительность влияет на безопасность железнодорожного участка, облегчая доступ к инфраструктуре через защитные ограждения.

Поддержание видимости на дорогах и пешеходных переходах необходимо для снижения вероятности аварий с участием транспортных средств и пешеходов. Одним из требований является степень видимости как для транспортных средств, пересекающих пути, так и для рельсовых транспортных средств. Чем больше установленное ограничение скорости на дороге и чем больше скорость поезда на этих перекрестках, тем больше требования к линии обзора.

Дополнительные коэффициенты безопасности также применяются с учетом дорожного покрытия (например, гравий или тротуар), типов транспортных средств, использующих переходы (например, более длинные транспортные средства, такие как школьные автобусы), а также кривизны и уклона подъезда к переходу.

С учетом вышеизложенного целесообразно выполнение углубленных исследований по удалению нежелательной растительности с территорий железных дорог в направлении выявленных факторов.

### Библиографический список

1. Григорьев А.В. Повреждения и ресурс колес локомотивов, эксплуатируемых в условиях Севера / А.В. Григорьев, В.В. Лепов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2014. – № 2. – С. 309-323. – DOI 10.7463/0214.0699140.
2. Крейнис З.Л. Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути: учебник / З.Л. Крейнис, Н.Е. Селезнёва. – М: УМЦ ЖДТ, 2019. – 453 с.
3. Минаков Д.Е. Технологические схемы текущего содержания участков полосы отвода железных дорог / Д.Е. Минаков, А.А. Платонов, Е.Ю. Минаков // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2020. – С. 236-241.
4. Платонов А.А. Аутсорсинг в области борьбы с нежелательной растительностью на эксплуатационных объектах инфраструктуры / А.А. Платонов // Научное обозрение. – 2017. – № 8. – С. 68-73.
5. Платонов А.А. О механизации аутсорсинговых работ в области борьбы с нежелательной растительностью на эксплуатационных объектах инфраструктуры / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Транспорт: наука, образование, производство : труды международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 12-15 апреля 2016 года. Том 4. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2016. – С. 108-111.
6. Платонов А. А. О существующих технологических решениях и средствах удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог / А.А. Платонов // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транс-порта. – 2018. – № 49. – С. 48-53.
7. Платонов А.А. Организация работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог / А.А. Платонов // Воронеж-ский научно-технический Вестник. – 2016. – Т. 1, № 1(15). – С. 17-23.

8. Платонов А.А. Технологические процессы удаления нежелательной растительности различными средствами механизации / А.А. Платонов // Resources and Technology. – 2017. – Т. 14, № 2. – С. 33-48. – DOI 10.15393/j2.art.2017.3761.

9. Щербаченко В.И. Строительство и реконструкция железных дорог: учебн. / В.И. Щербаченко. – М: УМЦ ЖДТ, 2018. – 315 с.

**УДК 656.212**

**Технология работы сортировочной станции при снижении объема**

**вагонопотока**

**Буракова А.В.**

**Филиал РГУПС в г. Воронеж**

*Аннотация.* В статье рассмотрены преимущества и недостатки технологии работы сортировочной станции.

*Ключевые слова:* неравномерность вагонопотока, сортировочная станция, сортировочная система, транзитный вагонопоток.

*Abstract.* The article discusses the advantages and disadvantages of the marshalling yard technology.

*Keywords:* uneven wagon traffic, marshalling yard, marshalling system, and transit wagon traffic.

Неравномерность перевозочного процесса на железнодорожном транспорте является объективным фактором. Истоки неравномерности зарождаются вне транспортного процесса, поскольку колебания объема перевозок неразрывно связаны с процессами производства, объем и ритмичность предъявления отправки к перевозке также определяются владельцем груза и, поэтому, не могут быть полностью устранены силами только транспортников.

Выбор типа и планируемой схемы сортировочной станции следует основывать на расчетных суточных объемах перерабатываемых вагонов с учетом их неравномерности за принятый период наблюдения. Зная количество вагонов в составе, определяют число поездов, поступающих в расформирование, далее сопоставляют поступающий вагонопоток и перерабатывающую способность сортировочной горки. По этим показателям рассчитывается коэффициент загрузки горки, который и является ключевым критерием при выборе односторонней либо двусторонней станции.

При уменьшении вагонопотока целесообразно законсервировать одну из сортировочных систем и перейти с двусторонней схемы на одностороннюю, так как операции можно выполнить в одной системе без потери качества работы. При этом сохраняемая сортировочная система должна обеспечивать свободную и беспрепятственную работу с транзитными поездами.

*Преимущества двусторонних станций.* Двусторонние сортировочные станции в сравнении с односторонними обладают рядом плюсов: наименьшее число враждебных маршрутов; более высокая перерабатывающая способность; поточный характер продвижения вагонопотока; минимизация пробега вагонов прямых назначений; самостоятельность функционирования сортировочных систем друг от друга; не сложные горловины; наименьшее число враждебных маршрутов.

*Недостатки двусторонних станций.* Наряду с преимуществами, двусторонняя схема имеет и минусы по сравнению с односторонней: увеличенная занимаемая территория, что при высокой стоимости земли увеличивает расходы на строительство;

больше парков и наличие двух сортировочных горок, вследствие чего растет потребность в персонале станции и сопряженных подразделений; большая протяженность путей и число стрелок при равных условиях из-за необходимости выделять в каждой системе пути под угловые потоки, местные, неисправные и запрещённые к роспуску с горки вагоны, а также укладывать соединительные пути для передачи угловых вагонов, что повышает расходы на укладку и содержание путей и стрелочных переводов; вагоны угловых потоков проходят двойную переработку, увеличивая простой, пробег на станции и топливно-энергетические затраты локомотивов осуществляющих маневры.

Корректировка специализации путей. Изменение технологии работы требует пересмотра специализации путей в парках станции. В сортировочных парках необходимо выделить пути для накопления составов новых назначений, а в приемо-отправочных - заменить жесткую специализацию на сквозную для отправления поездов по иным направлениям, что потребует установки дополнительных светофоров.

Минусы предлагаемых технологических изменений. К недостаткам предложенной технологии относятся: увеличение простоя прибывающих под расформирование поездов в приёмо-отправочном парке из-за ожидания маневрового локомотива; перепробег формируемых поездов неприоритетных направлений; появление новых враждебных маршрутов в горловинах основных парков; дополнительный пробег при перестановках составов из приёмо-отправочного парка в парк прибытия;

Плюсы предлагаемой технологии. При этом имеются и преимущества: снижение затрат на оплату труда за счет сокращения численности персонала; уменьшение материальных расходов на содержание путевого хозяйства и устройств законсервированной системы.

Оценка экономического эффекта. Для определения экономического результата оптимизации технологии работы двусторонней сортировочной станции в условиях падения объемов были рассчитаны эксплуатационные расходы. В ситуации сокращения переработки вагонов рациональным шагом является консервация одной системы и переход к односторонней станции, для обоснования чего выполнен комплекс работ.

Проведенные учёными и инженерами обоснования. В рамках обоснования были выполнены следующие действия: по анализу технологии двусторонней станции выделены ключевые критерии, определяющие, какую систему целесообразно оставить в работе при консервации второй; рассмотрены сценарии возникновения дополнительных враждебных маршрутов при переносе объема из одной системы в другую на двусторонней станции; - определены основные источники экономии материальных затрат при выведении из работы одной из систем; определены основные источники экономии материальных затрат при выведении из работы одной из сортировочных систем; по выбранному варианту рассчитаны суточный перепробег маневрового локомотива и простой транзитного вагона с переработкой на сортировочной станции; перепробег маневровых локомотивов возрастет; систематизированы плюсы и минусы технологии работы двусторонней станции при резком снижении объема грузовой переработки и необходимости консервации одной из систем.

Экономия от реализации данной технологии произошла за счёт сокращения фонда оплаты труда, а также снижение эксплуатационных затрат на содержание путевого развития и технических устройств сортировочной станции.

#### Библиографический список

1. Журавлева, И. В. Оптимизация материального потока с учетом логистических основ в сфере обращения / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование,

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 67-71. – EDN LSHVNE.

2. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCSK.

3. Журавлева, И. В. Особенности управления безопасностью движения на железнодорожном транспорте / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 262-265. – EDN XQHOEY.

4. Куныгина, Л. В. Инновационные решения в упаковке и креплении грузов для снижения рисков при железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 272-275. – EDN QOWVRG.

5. Куныгина, Л. В. Повышение эффективности грузовых перевозок на основе цифровых платформ / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 275-279. – EDN IPNRTV.

6. Куныгина, Л. В. Современные методы управления качеством сервиса в грузовых железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 279-283. – EDN BCZJGD.

7. Попова, Е. А. Современные условия рынка терминально-складской обработки груза / Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 305-307. – EDN VNIEWM.

8. Попова, Е. А. Концепция развития терминально-складских комплексов / Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 195-200. – EDN BVKBLS.

9. Попова, Е. А. Динамика развития контейнерных перевозок / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 186-191. – EDN NKTBIP.

УДК 656.212

**Комплексный подход к разработке графика движения поездов**

Буракова А.В.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

*Аннотация.* В статье рассматривается потребность в комплексном управлении графиком движения поездов.

*Ключевые слова:* железнодорожные станции, транспорт, график движения поездов.

*Abstract.* The article discusses the need for comprehensive train schedule management.

*Keywords:* railway stations, transport, train timetable.

Координируя деятельность всех подразделений, график движения поездов (ГДП) обеспечивает своевременные перевозки при соблюдении требований безопасности, рациональном использовании подвижного состава и ритмичной работе станций и участков при оптимальном воздействии их пропускной и перерабатывающей способности. По ГДП рассчитывают показатели использования подвижного состава, согласуют взаимодействие с грузоотправителями, грузополучателями и с другими видами транспорта.

График движения поездов одновременно служит рабочим инструментом и показателем эффективности железнодорожного транспорта, а его разработка – сложная интеллектуальная задача, не теряющая актуальности со временем. С одной стороны, ГДП позволяет планировать работу сети: от перевозки пассажиров и доставки грузов до планирования ремонтов инфраструктуры; с другой — точность исполнения графика является индикатором производительности железных дорог. На построение ГДП воздействуют разнонаправленные требования: максимизация провозной работы и одновременно обеспечение высокой точности и устойчивости движения.

Исторически ГДП формировался вручную, и даже сегодня автоматизация не стала повсеместной практикой во всем мире. Важно ясно определить, что именно следует автоматизировать, поскольку ГДП включает несколько аспектов; это особенно важно при рассмотрении применения методов и алгоритмов искусственного интеллекта. Практически ни одна дорога не создает ГДП «с нуля»: всегда существует устоявшийся исторический график. Его основа – параметры, полученные из нормативно-справочных данных об инфраструктуре и подвижном составе, а также из потребных объемов пассажирских и грузовых перевозок; важна полнота, точность и актуальность этих данных. Такой график, как правило, фиксируется на бумаге, ежедневно актуализируется под текущие задачи и чаще всего именно для него рассматривают автоматизацию составления.

Автоматизация собственно построения – лишь первый, самый простой шаг; далее возможны автоматизированное выявление конфликтов и последующая корректировка ГДП с помощью имитационного и иного моделирования. Последовательная формализация всех аспектов с их автоматизацией ведет к переходу к управлению ГДП как цифровой динамической системой. Сложность разработки графика обусловлена масштабом сети и взаимозависимостью движения поездов. Организация управления ГДП различается по странам: где-то оператор и диспетчер находятся в одной компании, а в ряде европейских государств инфраструктура и управление движением выделены в отдельные органы, тогда как приватные и конкурирующие перевозчики борются за нитки

графика.  
Анализ англоязычных источников показывает отсутствие единообразной терминологии в этой области.

По сути, понятие ГДП рассматривается как аксиома: не оговаривается ни как сущность, ни как распорядительный документ или взаимосвязанная система, а внимание сосредоточено на инструментах и алгоритмах построения и корректировки. Один из подходов - формализовать расписание как ориентированный граф, где узлы - события отправления и прибытия всех поездов. Хотя такая форма непривычна для эксплуатационной практики, она способствует эффективному хранению и обработке данных в иерархиях и может лежать в основу информационных моделей. В Великобритании расписание – часть среднесрочного планирования: для каждого поезда формируется осуществимый график с учетом доступной инфраструктуры, путей, узлов, платформ и сигнализации, что ближе к традиционному пониманию ГДП, принятому, в том числе, в России.

В англоязычной литературе встречаются термины, относящиеся к разным семантическим слоям: статичные, отражающие регулирующее печатное расписание или результат (например, published-established/original timetable; train graphs), и динамические, описывающие процесс корректировки или пересчета (timetable adjustment/correction, rescheduling). Часто слова timetable и schedule используются как синонимы, что приводит к непониманию. Это подчеркивает необходимость стандартизировать понятие и определение ГДП как сущности, без чего сложно перейти к адаптивному управлению на железнодорожном транспорте.

На первой стадии создается концепция, определяющая принципы организации движения и эксплуатации участка с учетом уровня технического развития сети, экономических условий и целевых ориентиров. После концепции формируются условия эксплуатации: закрепляются роли работников, базовые размеры, нормы содержания ключевых сооружений, устройств и подвижного состава, требования к ним, принципы и виды сигнализации, а также порядок работы железных дорог. На этих этапах методы машинного обучения не применяются – определяются рамочные решения. Следующий этап – определение параметров и требований, включающее подготовку исходных данных для разработки графика. Затем выполняется расчет наличной пропускной способности, который фактически представляет собой техническую паспортизацию направлений. После сбора данных начинается разработка ГДП на основе набора нормативов – элементов графика.

Формирование ГДП включает несколько стадий и представляет собой набор многофакторных, многокритериальных задач. В условиях цифровой трансформации и внедрения ИИ возникает потребность в комплексном управлении ГДП. Результаты исследования, сделанные специалистами АО «НИИАС» показали, что при разработке стандарта целесообразно разработать общий план перехода к управлению ГДП на основе Big Data, учитывающий уровень технического и технологического развития железных дорог. Эта технология является одной из наиболее передовых и получающих все большее распространение методик анализа данных. Поэтому учёные предлагают применение комплексного подхода и методов Data Science, включая Big Data, на всех этапах разработки графика движения поездов. Они пришли к выводу, что применение технологии Big Data и методов Data Science в транспортной сфере и регионам позволит повысить спрос на внутренние перевозки, привлечь новых и удержать вновь поступивших клиентов.

#### Библиографический список

1. Журавлева, И. В. Логистические технологии в пассажирских перевозках / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 257-260. – EDN BSHONP.

2. Журавлева, И. В. Особенности управления безопасностью движения на железнодорожном транспорте / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 262-265. – EDN XQHOEY.

3. Журавлева, И. В. Роль мультимодальных перевозок в способах доставки пассажиров / И. В. Журавлева, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 252-254. – EDN ERADZI.

4. Куныгина, Л. В. Анализ технологий транспортировки наливных грузов железнодорожным транспортом: современные тенденции и перспективы развития / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 265-268. – EDN XIEEQD.

5. Куныгина, Л. В. Анализ факторов, влияющих на сохранность грузов при железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 269-271. – EDN QPGLAP.

6. Куныгина, Л. В. Инновационные решения в упаковке и креплении грузов для снижения рисков при железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 272-275. – EDN QOWVRG.

7. Попова, Е. А. Методические подходы к формированию макроэкономических эффектов в условиях ускоренного развития транспортного комплекса / Е. А. Попова // Корпоративное управление экономической и финансовой деятельностью на железнодорожном транспорте : Сборник трудов по результатам VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 13–14 декабря 2023 года. – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 169-171. – EDN EYARCW.

8. Попова, Е. А. Анализ маршрутной скорости двухэтажных поездов / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 283-288. – EDN QDGNGH.

9. Попова, Е. А. Анализ объемов перевозок пассажиров поездами дальнего следования на полигоне дороги / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 288-291. – EDN QMOLKG.

УДК 658.8

**Факторы влияющие на развитие логистики**

Буракова А.В.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

*Аннотация.* В статье рассмотрена оптимизация логистических бизнес-процессов.

*Ключевые слова:* логистика, искусственный интеллект, логистические процессы.

*Abstract.* The article discusses the optimization of logistics business processes.

*Keywords:* logistics, artificial intelligence, and logistics processes.

В настоящее время логистика становится ключевым элементом эффективного управления бизнес-процессами, а на ее результативность заметно влияют несколько технологических факторов. Среди наиболее значимых направлений выделяются облачные технологии и виртуализация, виртуализация ИТ-инфраструктуры и интернет вещей, искусственный интеллект и машинное обучение.

Стремительное развитие информационных технологий и глобальная цифровизация существенно изменяют парадигму взаимоотношений как в обществе, так и в сфере бизнеса. Данный процесс оказывает значительное влияние на практически все аспекты человеческой деятельности. В данном контексте логистика, которая является ключевым элементом в многих отраслях экономики, оказывается на переднем крае этих изменений.

Облачные технологии превратились в неотъемлемую часть современной логистики: они дают масштабируемое хранение и обработку больших данных, обеспечивают доступ к информации в реальном времени и облегчают совместную работу распределенных команд. Особенно важными стали мобильные технологии и защищенные каналы передачи данных, включая резервные, сетевые и дисковые решения. Централизация данных и сервисов повышает надежность и позволяет быстрее адаптироваться к меняющемуся рынку.

Виртуализация делает ИТ более гибкими и управляемыми, позволяя безостановочно расширять и модернизировать системы. Это снижает риск сбоев у поставщиков за счет лучшего резервирования и распределения ресурсов.

Рост количества подключенных устройств радикально повышает прозрачность логистики: можно отслеживать грузы, транспорт и оборудование в реальном времени. Данные сенсоров помогают оптимизировать маршруты, ускорить планирование и повысить безопасность и эффективность операций .

Искусственный интеллект и машинное обучение автоматизируют прогнозирование и поддержку принятия решений: алгоритмы анализируют большие массивы данных и рекомендуют оптимальные действия. Это снижает риски, повышает точность планирования и общую эффективность логистики.

Обозначенные технологические тренды становятся особенно актуальными в быстро меняющейся среде, помогая логистическим компаниям снижать затраты и повышать уровень сервиса. Виртуализация уже стала базовым элементом бизнеса, обеспечивая гибкость при проектировании и управлении сложными логистическими системами.

На фоне цифровой трансформации компании стремятся активнее использовать перечисленные технологии ради расширения возможностей и конкурентных преимуществ. Благодаря мобильным решениям и концепции Bring Your Own Device сотрудники могут безопасно работать с корпоративными системами с личных устройств.

Расширение цифровых практик требует развития компетенций в областях Data

Mining, Text Mining, машинного обучения и нейросетей. Применение таких методов открывает новые горизонты оптимизации логистических процессов благодаря более глубокому анализу данных.

К сильным сторонам этих технологий относится умение обнаруживать корреляции между компонентами логистической сети и этапами цепей поставок. Это помогает лучше понимать взаимное влияние процессов и точнее управлять потоками.

ИИ создает основу для: более точного прогнозирования спроса, снижения затрат на складирование и доставку, оптимизации маршрутов и расписаний. Результат - повышение качества обслуживания клиентов и общей производительности поставок.

Сегодня подобные решения доступны не только корпорациям, но и малому бизнесу благодаря облачным сервисам и готовым программным продуктам. Все больше предприятий внедряют ИИ для улучшения своих логистических технологий и операций.

С ростом роли цифровых решений и ИИ компаний, стремящиеся к конкурентоспособности, вынуждены активно осваивать и внедрять эти инструменты. Это позволяет оперативнее реагировать на изменения рынка, развивать инновационные подходы и добиваться высокой эффективности логистических процессов.

#### Библиографический список

1. Журавлева, И. В. Логистический подход к управлению пассажирскими потоками / И. В. Журавлева, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 249-251. – EDN HVZVTR.
2. Журавлева, И. В. Услуги логистического сервиса в условиях доставки скоропортящихся грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 254-257. – EDN MDQGXQ.
3. Журавлева, И. В. Использование логистического сервиса для реализации основных задач пассажирского комплекса в пригородном сообщении / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 260-262. – EDN GQVDPB.
4. Куныгина, Л. В. Анализ факторов, влияющих на сохранность грузов при железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 269-271. – EDN QPGLAP.
5. Куныгина, Л. В. Инновационные решения в упаковке и креплении грузов для снижения рисков при железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 272-275. – EDN QOWVRG.
6. Куныгина, Л. В. Повышение эффективности грузовых перевозок на основе цифровых платформ / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 275-279. – EDN IPNRTV.

7. Попова, Е. А. Новый формат маршрутной отправки - зерновой экспресс / Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 204-208. – EDN АНТАВF.

8. Попова, Е. А. Новые тренды развития транспортно-логистического сервиса / Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 208-213. – EDN GMDOXW.

9. Попова, Е. А. Новые сервис-продукты в области пассажирских перевозок / Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 222-225. – EDN LKSPGX.

## УДК 656.212

### Рациональное соотношение объемов работы и технического оснащения речного порта

Буракова А.В.<sup>1</sup>, Иванкова Л.Н.<sup>2</sup>, Иванков А.Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Филиал РГУПС в г. Воронеж

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (МИИТ)

<sup>3</sup>ООО «ПСК TexПроект, г. Москва

*Аннотация.* В статье описывается методика разработки наиболее эффективных мероприятий при снижении объемов работы и профиците технического оснащения речного порта на основе теории графов.

*Ключевые слова:* профицит технического оснащения, консервация оборудования, аренда незанятой территории, снижение расходов на содержание, теория графов.

*Abstract.* The article describes a method for developing the most effective measures for reducing the volume of work and the surplus of technical equipment at a river port based on graph theory.

*Keywords:* surplus of technical equipment, equipment preservation, rental of unoccupied territory, reduction of maintenance costs, graph theory.

В настоящее время существует большая потребность в исследованиях в области речной транспортной инфраструктуры в связи с внедрением в производство цифровых технологий, высокотехнологичного оборудования, систем оперативного управления. Для этих технологий нужны определенные алгоритмы рабочих процессов. Очень важно привести в соответствие объемы выполняемой работы и техническое оснащение порта. Улучшению работы портов, совершенствованию портовой инфраструктуры посвящены много научно-технических работ [1-6].

Данная статья посвящена поиску путей оптимизации производственных процессов и технологий, транспортной инфраструктуры речного транспорта. Поиск наиболее эффективных решений при спаде объемов перевалки предложено выполнять при помощи теории графов [7].

С помощью визуализации графа-вариантов на плоскости, можно воссоздать модель улучшения речного порта, на основе методов сокращения расходов при профиците

технического оснащения в речном порту, используя при этом основные из них, произведя расчет экономической эффективности.

Первым ребром графа при разрешении кризисной ситуации является вложение средств в маркетинг, исходя из конкурентного анализа ранка оказания маркетинговых услуг, прайс на комплексный маркетинг в среднем по Российской Федерации составляет 500 тыс руб.

Метрика окупаемости инвестиций (ROI) измеряет прибыльность инвестиции, сравнивая полученную прибыль с первоначальными вложениями. Она выражается в процентах.

Формула ROI:

$$ROI = \frac{\text{Выгода от инвестиций} - \text{Первоначальные инвестиции}}{\text{Первоначальные инвестиции}} \times 100\% \quad (1)$$

Расчет ROI определит выгоду от инвестиций: это может быть увеличение дохода, снижение затрат или любая другая количественно определяемая выгода, полученная в результате инвестиции.

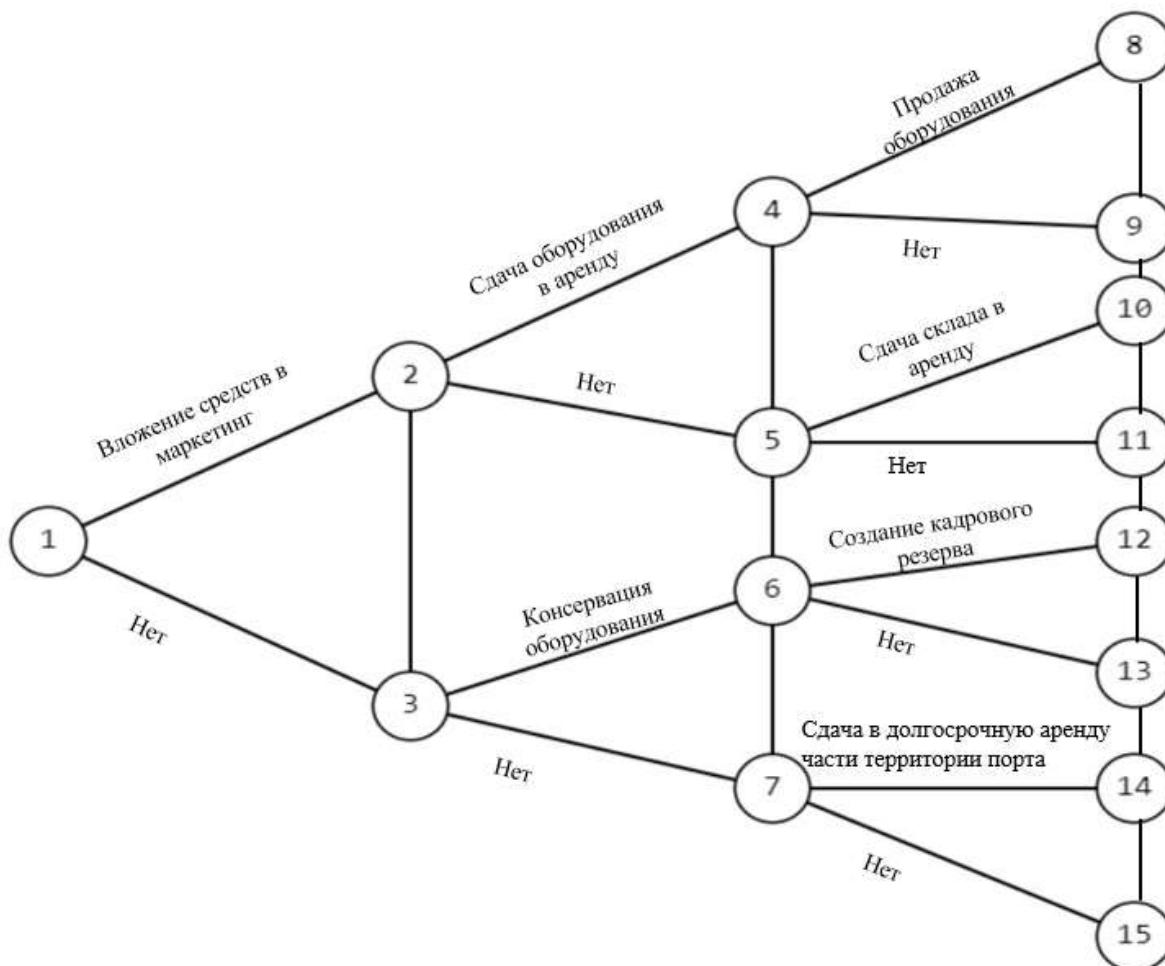


Рисунок 1 – Визуализация модели графа на основе методов решения кризисной ситуации в АО «Салехардский речной порт»

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Так как комплексный маркетинг гарантирует как минимум окупаемость вложений в два раза:

$$ROI = (1\ 000\ 000 - 500\ 000) / 500\ 000 = 1, \text{ метрика ROI является положительной.}$$

Положительный ROI: Инвестиция прибыльна, поскольку она генерирует больше прибыли, чем было первоначально вложено.

Вторым ребром графа является сдача оборудования в аренду, так как профицит техники по списку составляет:

- автокран грузоподъемностью 30 т.-1 ед.
- автокран грузоподъемностью 70 т.-1 ед.

Для определения суточной стоимости аренды данного оборудования нужна информация о себестоимости содержания в сутки, желаемого уровня прибыли, накладных расходах %. Необходимо также проанализировать рыночный уровень стоимости аренды для данного оборудования в регионе осуществления деятельности.

Таблица 1 – Анализ рыночной стоимости посуточной аренды оборудования по Ямало- Ненецкому автономному округу

Анализ рыночной стоимости аренды оборудования	
Наименование оборудования	Руб/сутки
автокран грузоподъемностью 30 т.	42 000
автокран грузоподъемностью 70 т	96 000

Определение стоимости аренды автокрана грузоподъемностью 30 т, суточная себестоимость содержания составляет 32 тыс руб./сутки, итоговая стоимость аренды составит:

$$C = C_{\text{себ}} \times Re \times \mathcal{E}_n , \quad (2)$$

где  $C_{\text{себ}}$  – себестоимость содержания в сутки;

$Re$  – рентабельность, желаемый уровень прибыли составляет 15 % от себестоимости;

$\mathcal{E}_n$  – накладные расходы, составляют 27 %.

$$C_{\text{г/п 30}} = 32\ 000 \times 10 \% \times 27 \% = 44 \text{ тыс руб./сутки}$$

Суточная себестоимость содержания автокрана грузоподъемностью 70 т, по данным порта составляет 60 000 руб./сутки, значит

$$C_{\text{г/п 70}} = 60\ 000 \times 15 \% \times 27 \% = 87\ 630 \text{ руб./сутки}$$

При условии сдачи оборудования в аренду в навигационный период, исходя из потребностей порта, можно получить выручку в размере:

$$\text{Выручка} = (C_{\text{г/п 30}} + C_{\text{г/п 70}}) \times T_n \quad (3)$$

$$\text{Выручка} = (44\ 704 + 87\ 630) \times 170 = 22497 \text{ тыс руб.}$$

Третье ребро – консервация оборудования, если движимое имущество как автокраны можно сдать в аренду, то порталные краны будет оптимальнее законсервировать, так как деньги на их вооружение требуется вкладывать ежегодно, но при недостатке объемов окупаемость вооружения будет отрицательной.

В консервации нуждаются:

- порталный кран «Ганц» 16/27т - 2 ед. (фронтальная зона);
- порталный кран «Альбатрос» 10/20т - 2 ед. (внутриплощадочная зона);
- порталный кран «Ганц» 5/6 т - 1 ед. (внутриплощадочная зона);

# Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Стоимость консервации порталного крана составляет:

$$C_k = C_{\text{пр}} + C_{\text{очищ}} + C_{\text{обр}}, \quad (4)$$

где  $C_{\text{пр}}$  – стоимость проекта консервации, руб;

$C_{\text{очищ}}$  – стоимость очищения конструкции от ржавчины, руб;

$C_{\text{обр}}$  – стоимость обработки металла от коррозии, влаги, насекомых, внешнего воздействия, руб.

$$C_k = 100000 + 1000000 + 1200000 = 2300000 \text{ руб./кран}$$

Четвертое ребро – продажа оборудования, так как оборудование в порту было в употреблении, важно определить его текущую рыночную стоимость, потому что по стоимости изначального приобретения продажа такого оборудования невозможна, учитывая срок годности его эксплуатации и срок фактического пользования с учетом ремонтов.

Необходимо заранее определить перечень профицитного оборудования и определить его стоимость для последующей продажи, ориентируясь на рыночную стоимость.

Продажа бывшего в употреблении оборудования может быть выгодным способом избавиться от старых активов и освободить место.

Таблица 2 – Анализ рыночной стоимости продажи оборудования по Ямало-Ненецкому автономному округу

Анализ рыночной стоимости продажи оборудования	
Наименование оборудования	Стоимость, руб/ед
портальный кран «Ганц» 16/27тн.	8 500 000
портальный кран «Альбатрос» 10/20тн	11 000 000
портальный кран «Ганц» 5/6 тн	3 000 000
автокран г/п 30 тн.	6 000 000
автокран г/п 70 тн.	11 500 000

Пятое ребро – сдача в аренду складской площади. В собственности у АО «Салехардский речной порт» имеются:

- открытые площади с зоной покрытия порталными кранами - 25 500 м<sup>2</sup>;
- закрытые складские площади - 1 500 м<sup>2</sup> (из них отапливаемые 264 м<sup>2</sup>).

Так как виды грузов, которые перерабатывает порт достаточно разнородны, спрогнозировать конкретную потребность складских площадей для хранения груза не представляется возможным, также груз поступает в порт неравномерно. Сдачу в аренду складской площади можно рассмотреть, как дополнительный доход при наличии свободных площадей, например вне навигационного периода.

Таблица 3 – Анализ рыночной стоимости аренды складских площадей различного типа по Ямало-Ненецкому автономному округу

Услуга	Тариф, руб/м <sup>2</sup>
Хранение на открытой площадке	10,00
Хранение в закрытом отапливаемом складе	200,00
Хранение в закрытом неотапливаемом складе	20,72

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Таким образом при наличии свободной площади в зимний период в размере 50 % от имеющейся, можно привлечь дополнительный валовый доход порта в размере:

$$TR = C \times S, \quad (5)$$

где  $C$  – тариф, руб/м<sup>2</sup>;

$S$  – площадь, планируемая к сдаче в аренду.

Хранение на открытой площадке:

$$TR=10 \times 12750 = 127500 \text{ руб/сутки}$$

Хранение в закрытом отапливаемом складе:

$$TR=200 \times 132 = 26\,400 \text{ руб/сутки}$$

Хранение в закрытом неотапливаемом складе

$$TR=20,72 \times 618 = 12804,96 \text{ руб/сутки}$$

Шестое ребро – создание кадрового резерва, данный мероприятие подразумевает оптимизацию кадров после продажи либо сдачи в аренду оборудования, так как данный персонал будет не востребован. Расчет проводился исходя из заработной платы работников, занятых на погрузочно-разгрузочных работах.

Оплата труда работников, занятых на погрузочно-разгрузочных работах, составляет:

$$\mathcal{E}_1 = 25000 \times 30 (1+1,3) \times 1,8 + 30 \% = 4036500 \text{ руб/месяц, до вычета НДФЛ.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{чел}} = \frac{4\,036\,500}{30} = 134550 \text{ руб/чел в месяц} \quad (6)$$

При сдаче оборудования в аренду можно оказать комплексную услугу сдать автокран с экипажем, машинистом крана, тогда в стоимость аренды будет входить работа машиниста, стоимость дополнительной услуги составит:

$$\frac{134\,550}{22} = 6115,90 \text{ руб/смена (12 часов),}$$

Так как это предоставляемая услуга, нужно заложить желаемый % Re:

$$6115,90 + 15 \% = 7033,30 \text{ руб/смена.}$$

При продаже оборудования понадобится сократить штат, создав обновленное штатное расписание, при сокращении работнику необходимо выплатить заработную плату, компенсацию за неиспользованный отпуск, а также среднемесячный заработок за два месяца.

Ребро седьмое – сдача в аренду невостребованной части необорудованной территории порта, припортовой зоны. Например, можно привлечь транспортную компанию для сотрудничества, оказания совместных логистических услуг, тем самым повысив свою конкурентоспособность и мультиmodalность своей деятельности.

$$2 \times 143072 \times 365 = 104442560 \text{ руб./год.}$$

Так как территория находится в собственности у порта, но не используется, порт несет дополнительные расходы на ее содержание, при сдаче в аренду невостребованной территории можно покрыть собственные расходы и получить значительную прибыль, которую можно вложить в инвестиции на перспективу развития.

Для расчета максимальной экономической эффективности вышеперечисленных мероприятий, требуется произвести расчет комбинаций их сочетаний.

Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Таблица 4 – Расчет итоговой годовой доходности по комбинации различных перечисленных вариантов, исходя из построенной модели графа

Анализ годовой доходности по комбинации проанализированных вариантов исходя из модели графа			
№ п/п	Путь	Наименования вариантов	Экономическая эффективность
1	1-2-4-8	Вложение средств в маркетинг - сдача оборудования в аренду - продажа оборудования	73 818 832,00
2	1-2-4-5-10	Вложение средств в маркетинг - сдача оборудования в аренду - сдача склада в аренду	66 326 299,20
3	1-2-4-5-6-12	Вложение средств в маркетинг - сдача оборудования в аренду - создание кадрового резерва	36 851 872,00
4	1-2-4-5-6-7-14	Вложение средств в маркетинг - сдача оборудования в аренду - сдача в аренду невостребованной части территории порта	138 261 392,00
5	1-3-6-12	Консервация оборудования - создание кадрового резерва	33 995 600,00
6	1-7-14	Сдача в аренду nevostребованной части территории порта	104 442 560,00
7	1-3-6-7-14	Консервация оборудования - сдача в аренду nevostребованной части территории порта	92 942 560,00
8	1-3-6-5-10	Консервация оборудования - сдача склада в аренду	21 007 467,20
9	1-3-6-5-4-8	Консервация оборудования - продажа оборудования	28 500 000,00

При достижении цели привлечения доходов в речной порт, дальнейшего развития порта, сохранения персонала и оборудования, самым выгодным и перспективным вариантом является 8 вариант. Данный вариант позволит получать стабильный доход, сохранить оборудование в рабочем состоянии, сохранить рабочий состав, компенсировать затраты на сотрудников. Сдавать оборудование и территорию порта в аренду можно вне зависимости от сезонности работы, путем заключения долгосрочного договора аренды, с обязательными условиями, таких как срок аренды, ставки аренды, ответственность и условия расторжения, возможность пролонгации, при необходимости.

#### Библиографический список

- Губанова М.А., Иванченко Л.А. Состояние, проблемы и перспективы развития портовой инфраструктуры //Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2018. Т.3 №4 (14). С.171-173.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

2. Иванкова Л.Н., Симачкова И.В., Кузнецова Т.Г. Особенности проектирования районных парков и причальных линий в порту //Наука и техника транспорта, 2020, №4. С.52-55.
3. Серова Д.С. Совершенствование методов оценки технико-технологических параметров для прогнозирования подвода экспортных грузов к портам. – Автореферат дисс. на соискание ученой степени кандидата техн. наук. – М., 2015. – С.24.
4. Маликова Э.Р., Гришина Т.П., Ахунов А.Р., Гильванова З.Р. Пространственные особенности изучения морских портов России // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 5. – С. 172-177. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41529>
5. Знатнов, С.С. Речные порты России как звено сети международных коридоров // Современные научные исследования и инновации, 2016, №5. URL: <https://web.s nauka.ru/issues/2016/05/66569>
6. Сидоров А. Речные порты – между прошлым и настоящим. – Морские вести России, 2023 – №3. URL: <https://morvesti.ru/analitika/1690/102289/>
7. Макаровских, Т.А. Комбинаторика и теория графов / Т.А. Макаровских. – Москва, Ленанд, 2024. – 200 с.

УДК-621.646.2:620.179.1/.6

### **Особенности определения параметров, характеризующих взрывобезопасность средств обеспечения полетов авиации**

Бородкин И.В., Яньшин С.А., Водопьянов Ю.И.

*ВУНЦ ВВС ВВА*

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности определения параметров, характеризующих взрывобезопасность средств обеспечения полетов авиации, газообразных флегматизаторов, определение зависимости концентрационных пределов распространения пламени по газо-, паровоздушной смеси от концентрации горючего компонента.

**Ключевые слова:** взрывобезопасность средств обеспечения полетов авиации, флегматизатор, концентрационные пределы.

Для определения концентрационных пределов распространения пламени зажигают газо-, паро- или пылевоздушную смесь с заданной концентрацией и следуемого вещества в объеме реакционного сосуда и устанавливают факт наличия или отсутствия распространения пламени. Изменяя концентрацию горючего в смеси, находят ее минимальное и максимальное значения, при которых происходит распространение пламени.

Длительное время пределы распространения пламени газов измеряли на установке КП, реакционной камерой в которой служила вертикальная стеклянная трубка диаметром 50-55 мм и высотой 1500 мм. Схема этой установки показана на рисунке 1. Нижняя часть трубы закрывается пришлифованной стеклянной пластинкой. В реакционный сосуд на расстоянии 100 мм от его нижнего конца введены на шлифах электроды с наконечниками, изготовленными из молибденовой проволоки. Разрядный промежуток между электродами составляет 8 мм.

Предварительно рассчитывают нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени по газо-, паровоздушным смесям исследуемого вещества.

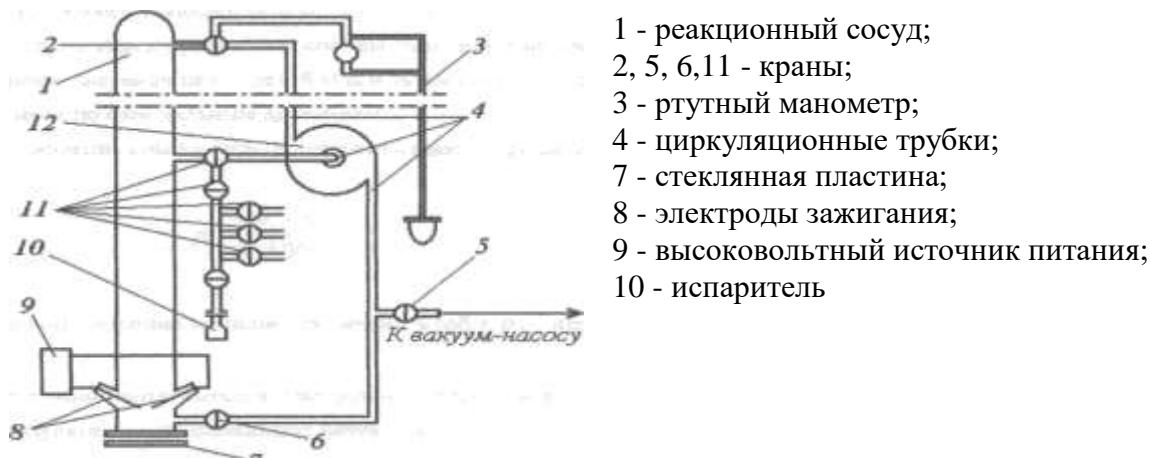


Рисунок. 1. Установка КП.

При определении нижнего предела распространения пламени для первого испытания готовят газо-, паровоздушную смесь, содержащую горючего газа (пара) вдвое меньшее расчетного предела, а при определении верхнего предела распространения пламени готовят смесь, содержащую кислорода вдвое меньше, чем в смеси, соответствующей верхнему пределу.

Для приготовления смеси требуемого состава реакционный сосуд вакуумируют до остаточного давления не более 0,6 кПа и затем поочередно подают в него компоненты смеси по парциальным давлениям.

Парциальное давление компонента  $p_k$  рассчитывают по формуле, кПа:

$$pk = (\varphi_k \cdot p_0) / 100 \quad (1)$$

где  $\varphi_k$  - задаваемая концентрация компонента смеси, % (об.);  $p_0$  - атмосферное давление, кПа.

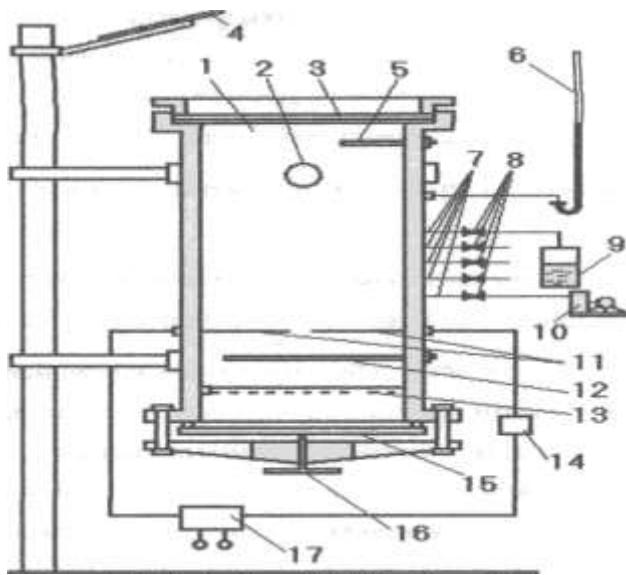
После впуска компонентов смеси в реакционный сосуд смесь перемешивают и зажигают. Результат опыта оценивают визуально.

Изменяя состав смеси, находят такую концентрацию горючего компонента, при которой пламя распространяется на весь объем реакционного сосуда, а при концентрации на 0,1% (об.) меньше (в случае измерения нижнего предела) или больше (при измерении верхнего предела) смесь не воспламеняется или возникшее пламя не распространяется до верхней части реакционного сосуда.

Исследованиями А.Н. Баратова [1] с сотрудниками показало, что в установке КП не создаются оптимальные условия для распространения пламени. Это выражается в том, что для галогеносодержащих соединений в ней получается более узкая область воспламенения, чем в сосудах большого объема, а для обычных горючих точка флегматизации оказывается сдвинутой в область смесей, обогащенных окислителем.

Поэтому, начиная с 1984 г., измерение пределов распространения пламени газо- и паровоздушных смесей проводится на установке "Предел" (рисунок. 2).

Реакционный сосуд установки "Предел" представляет собой цилиндр с внутренним диаметром 300 мм и высотой 800 мм. Верхняя крышка выполнена из термостойкого стекла, через которое при помощи зеркала наблюдают за процессом распространения пламени при испытании. Для определения минимального взрывоопасного содержания кислорода находят предельное содержание кислорода в газо- или паровоздушной смеси, при котором смесь является предельной по горючести.



- 1-реакционный сосуд;
- 2 - отверстие для продувки;
- 3 - верхняя крышка;
- 4 - смотровое зеркало;
- 5 - термопара;
- 6 - ртутный манометр;
- 7 - трубопроводы; 8 - клапаны;
- 9 - испаритель;
- 10 - вакуумный насос;
- 11 - электроды зажигания;
- 12 - трубчатый электронагреватель;
- 13 - пакет сеток;
- 14 - концевой выключатель;
- 15 - нижняя крышка; 16 - винт;
- 17 - высоковольтный источник питания.

Рисунок. 2 - Установка “Предел” для измерения концентрационных пределов распространения пламени

Экспериментальное определение минимального взрывоопасного содержания кислорода и флегматизирующей концентрации флегматизатора в газо-, паровоздушных смесях осуществляют на установках “Предел” и КП. Минимальное взрывоопасное содержание кислорода в газо-, паровоздушных смесях определяют в два этапа:

- находят минимальную флегматизирующую концентрацию флегматизатора;
- вычисляют минимальное взрывоопасное содержание кислорода по найденной минимальной флегматизирующей концентрации флегматизатора.

Для определения минимальной флегматизирующей концентрации заданного газообразного флегматизатора устанавливают зависимость концентрационных пределов распространения пламени по газо-, паровоздушной смеси от концентрации в ней изучаемого флегматизатора. Для этого применяют методы определения концентрационных пределов распространения пламени. При этом в вакуумированный сосуд последовательно подают по парциальным давлениям исследуемый газ (пары исследуемой жидкости) и заданный флегматизатор, а затем подают воздух до выравнивания давления в реакционном сосуде с атмосферным. Изменяя концентрацию исследуемого вещества в смеси при неизменном соотношении флегматизатора и воздуха, находят нижний и верхний пределы распространения пламени исследуемого вещества при заданной концентрации флегматизатора. Затем увеличивают на 2% концентрацию флегматизатора и снова находят нижний и верхний пределы распространения пламени по смеси. Проводя аналогичные испытания, находят такое значение концентрации флегматизатора, при котором нижний и верхний пределы распространения пламени по исследуемой смеси сливаются на графике в одну точку  $\varphi_f$  (рисунок. 3).

Концентрацию флегматизатора, соответствующую точке принимают за минимальную флегматизирующую концентрацию. Испытания с концентрациями компонентов смеси [2], соответствующими точке  $(\rho_f)$  должны быть воспроизведены не менее трех раз.

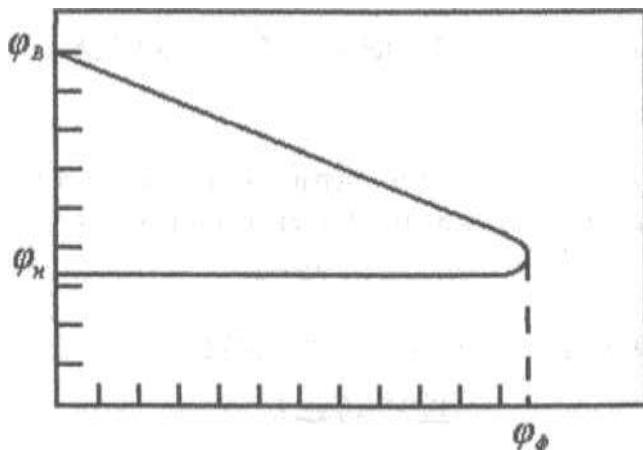


Рисунок. 3. Кривая флегматизации

Минимальное взрывоопасное содержание кислорода рассчитывают по формуле:

$$\varphi_{\Phi(0_2)} = 2,09 \cdot 10^{-5} (100 - \varphi_{\Phi})(100 - \varphi_{H_2O}) \quad (2)$$

где  $\varphi_{\Phi}$  - минимальная концентрация флегматизатора, % (об.);  $\varphi_{H_2O}$  концентрация водяного пара, % (об.).

Можно сделать вывод, что, особенности определения параметров, характеризующих взрывобезопасность при проведении исследований, может включать несколько этапов:

1. Процесс наблюдения за объектами, процессами и явлениями.
2. Предварительные выводы, возможные решения проблемы на основе наблюдаемых фактов и событий.
3. Проведение аналитических мероприятий и исследований, сделанных предположений, выбор одного из них, максимально подходящего для решения поставленной задачи.

#### Библиографический список

1. Баратов А.Н., Корольченко А.Я. Пожаро- взрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник.–М.:Химия, 1990. 384 с.
2. Поповский В.И. Исследование испарения легковоспламеняющихся органических растворителей.–М.:ВИПТИ МВД РФ, 1979. 160 с.

**УДК 339.138**  
**ИТ-архитектура предприятия**  
Гордиенко Е.П.  
Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация.** В статье представлены основные модели и методы описания ИТ-архитектуры предприятия. Обоснованы стадии эволюции и ключевые принципы цифровой экономики, которые лежат в основе бизнес-моделей современных компаний. Определены контуры перспективного развития бизнеса на основе ИТ-архитектуры.

**Ключевые слова:** метод, технология, бизнес, безопасность, модель, жизненный цикл, пользователь, данные.

**Annotation.** The article presents the main models and methods for describing the IT architecture of an enterprise. The stages of evolution and key principles of the digital economy

that underlie the business models of modern companies are substantiated. The outlines of a promising business development based on the IT architecture have been identified.

*Keywords:* method, technology, business, security, model, lifecycle, user, data.

ИТ-архитектура предприятия – совокупность технических и технологических решений для обеспечения эффективного функционирования бизнес-процессов. Архитектура информационных технологий описывает основные информационные системы, их взаимосвязи и включает их принципы развития, совершенствования и поддержки. Архитектура информационных технологий является неотъемлемым элементом архитектуры всей организации и зависит от целей и задач, стратегии развития, модели бизнес-процессов. ИТ-архитектура – целостное описание стратегий организации, связанных с информацией, прикладными системами и технологиями, а также их влиянием на функции и бизнес-процессы. Разработка ИТ-архитектуры ведется в рамках существующих в организации структур управления.

Существуют различные модели и методики описания ИТ-архитектуры. Методики задают классификацию и описание политик, стандартов, процессов и моделей для определения элементов ИТ-архитектуры [1]:

- методики аналитических компаний: Gartner, Giga, META и др.;
- модель Захмана;
- методика TOGAF;
- методика POSIX 1003.23i.

Понятия ИТ-архитектуры являются частными применениями более общих понятий, связанных с архитектурой предприятия в целом. Следовательно, для описания и моделирования ИТ-архитектуры могут быть применимы подходы, методологии и инструментальные средства моделирования, разработанные для более общих задач. Значительный вклад в развитие концепции архитектуры предприятия был сделан Дж. Захманом [2]. Дж. Захман предложил модель «архитектуры предприятия». Модель преследует две цели: логически разбить все описание архитектуры на отдельные разделы для упрощения их формирования и восприятия и обеспечить возможность рассмотрения целостной архитектуры. В тот период, когда были опубликованы работы Захмана, традиционным подходом описания системы было использование концепции «жизненного цикла». Жизненный цикл системы состоит из этапов: планирование, анализ, проектирование, разработка, документирование, внедрение и промышленная эксплуатация. Дж. Захман предложил вместо подхода, связанного с рассмотрением отдельных аспектов работы системы как бы в различные моменты времени, использовать рассмотрение системы с различных перспектив. Исторически модель Захмана впервые была создана именно для ИТ-систем.

Описание архитектуры по Захману представляет собой матрицу (таблицу) Захмана. В строках таблицы расположены основные представления архитектуры, а в столбцах – архитектурные аспекты, выраженные простыми вопросами, что, как, где и т.п. Каждая ячейка таблицы представляет собой уникальное, не пересекающееся с остальными, описание архитектурного аспекта на заданном уровне представления, выраженное при помощи соответствующей модели.

Существует множество работ [3-5], посвященных архитектуре информационных систем. Во всех методиках архитектура информационных технологий является частным случаем архитектуры организации в целом и рассматривать ее отдельно от контекста бизнес-процессов организации нецелесообразно.

Обобщенная ИТ-архитектура включает логические и технические компоненты. Логическая архитектура предоставляет высокоуровневое описание миссии предприятия, его функциональных и информационных требований, системных компонентов и

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

информационных потоков между этими компонентами. Техническая архитектура определяет конкретные стандарты и правила, которые будут использоваться для реализации логической архитектуры.

Традиционно ИТ-архитектуру предприятия представляют в виде трех взаимосвязанных компонентов:

- Enterprise Information Architecture (EIA) – информационная архитектура;
- Enterprise Solution Architecture (ESA) – архитектура прикладных решений;
- Enterprise Technical Architecture (ETA) – техническая архитектура.

В ходе разработки архитектуры предприятия создается модель, включающая информацию о его производственных процессах, информационных и материальных потоках, ресурсах и организационных единицах. При этом модель ИТ-архитектуры зависит от роли, которую выполняют информационные системы в организации (табл.1).

Таблица 1  
Организационные модели ИТ-архитектуры

Название	Место и роль в организации
Стратегическая	Ориентирована на выполнение сложившихся стратегий и операций
Сдвигающая	ИТ – инструмент для увеличения эффективности бизнеса
Поддерживающая	ИС не играют особой роли в функционировании предприятия
Заводская	ИС являются обязательным элементом, обеспечивающим функционирование бизнеса

ИТ-архитектура предприятия определяет правила формирования всех компонентов ИТ, взаимосвязи между ними и бизнес-архитектурой предприятия. Документирование ИТ-архитектуры без ее увязки с бизнес-архитектурой предприятия утрачивает практическую ценность.

Информационная архитектура (Enterprise Information Architecture, EIA), или архитектура информации, – это набор методов и описаний информационной модели предприятия, включая базы данных и хранилища данных и внутренние и внешние информационные потоки. Информационную архитектуру предприятия называют уровнем потоков данных. При построении информационной архитектуры достаточно выбрать критичные для предприятия данные и промоделировать их.

Архитектура прикладных решений (Enterprise Solution Architecture, ESA), или архитектура приложений — это совокупность программных продуктов и интерфейсов между ними. Разделяют два направления: область разработки прикладных систем и портфель прикладных систем. Область разработки прикладных систем описывает технологическую часть архитектуры прикладных решений и включает программные продукты, модели данных и интерфейсы. Область разработки прикладных систем является техническим описанием конкретных приложений. Информацию о данных модулях представляют в виде двух схем: внутренней структуры системы (информация о программных модулях и базах данных) и интерфейсной (описание взаимодействия приложения с внешними объектами - программными продуктами, пользователями). На основе архитектуры прикладных решений строятся планы развития информационных технологий в компании. На этом уровне отслеживается взаимодействие бизнес-архитектуры предприятия и ИТ-архитектуры, так как можно определить взаимосвязи между организационной структурой предприятия и используемыми приложениями. Для оптимизации управления приложениями их разделяют на домены в соответствии с функциональными возможностями.

Техническая архитектура предприятия (Enterprise Technical Architecture, ETA) – совокупность программно-аппаратных средств, методов и стандартов, обеспечивающих эффективное функционирование приложений. Под технической архитектурой понимают полное описание инфраструктуры предприятия, включающее:

- информацию об инфраструктуре предприятия;
- системное программное обеспечение (СУБД, системы интеграции);
- стандарты на программно-аппаратные средства;
- средства обеспечения безопасности (программно-аппаратные);
- системы управления инфраструктурой.

Интеграция данных и знаний основана на трех методах (табл. 2). Каждый из этих методов применим к четкому кругу задач интеграции данных в ИС. Развитие этих методов привело к формированию программных технологий, на основе которых производится интеграция информации.

Таблица 2

Методы интеграции данных

Методы интеграции данных	Результат использования
Консолидация данных	Данные собираются из нескольких первичных систем и интегрируются в одно постоянное место хранения
Федерализация данных	Обеспечивает единую виртуальную картину первичных файлов данных. Если бизнес-приложение генерирует запрос к виртуальной картине, то процессор федерализации данных извлекает данные из первичных складов данных, интегрирует их таким образом, чтобы они отвечали виртуальной картине и требованиям запроса, и отправляет результаты бизнес-приложению, от которого пришел запрос
Распространение данных	Приложения работают в оперативном режиме и производят перемещение данных к местам назначения, т.е. зависят от определенных событий. Обновления в первичной системе могут передаваться в конечную систему синхронно или асинхронно

На основании технологии EAI происходит интеграция процессов и приложений уже существующих информационных систем. EAI выступает интеграционной платформой между несколькими системами для унификации доступа к данным. С учетом новых тенденций в проектировании информационных систем, поменялись подходы к реализации их интеграции. Однако остались неизменными принципы, по которым она производится.

#### Библиографический список

1. Энес, С. З. Современные технологии и архитектура информационных систем предназначенных для бизнес-процессов / С. З. Энес // ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ науки и ОБРАЗОВАНИЯ : сборник статей Международной научно-практической конференции. В 2 частях, Пенза, 10 февраля 2018 года. Том Часть 1. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. – С. 119-121. – EDN YRWLRH
2. Грибова, В. В. Управление программными средствами в интеллектуальных системах / В. В. Грибова, А. С. Клещев, Е. А. Шалфеева // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2010. – № 6. – С. 122-137. – EDN NBSIRR.

3. Евсюкова, А. А. Автоматизированные системы управления современным предприятием / А. А. Евсюкова, О. И. Марап // Профессиональные компетенции государственных служащих: формирование и развитие : Материалы всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 25 апреля 2019 года / Редколлегия: Е.М. Лещенко [и др.]. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2019. – С. 119-123. – EDN GYXJCA.

4. Яхонтова, И. М. Моделирование архитектуры предприятия / И. М. Яхонтова, Т. А. Крамаренко. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2024. – 174 с. – EDN RQERCO.

5. Бакаева, К. В. SAP ERP как система совершенствования бизнес-процессов в организациях / К. В. Бакаева, Е. И. Сердюченко // Устойчивое развитие России в условиях глобальных изменений : Материалы региональной научно-практической конференции студентов и молодых учёных: текстовое электронное издание, Краснодар, 29 мая 2015 года / под общей редакцией Э.В. Соболева. – Краснодар: ФГБУ "Российское энергетическое агентство" Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ- филиал ФГБУ "РЭА" Минэнерго России, 2017. – С. 367-371. – EDN YTGBCR.

**УДК 339.138**

**Разработка сервис-ориентированной архитектуры приложений SOA**

*Гордиенко Е.П.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

**Аннотация.** В современных информационных технологиях существует множество архитектурных подходов к разработке и управлению программными системами. Среди них сервис-ориентированная архитектура (SOA) является одними из самых популярных. Подход имеет свои особенности, преимущества и недостатки, и важно понимать, в чем их ключевые различия и как выбрать наиболее подходящий для конкретного проекта.

**Ключевые слова:** модульность, сервисы, безопасность, процессный уровень, бизнес-процессы, управление, мониторинг, оценка, данные.

*Annotation.* In modern information technology, there are many architectural approaches to the development and management of software systems. Among them, service-oriented architecture (SOA) is one of the most popular. The approach has its own characteristics, advantages and disadvantages, and it is important to understand what their key differences are and how to choose the most appropriate one for a particular project..

**Keywords:** modularity, services, security, process level, business processes, management, monitoring, evaluation, data..

Сервис-ориентированная архитектура – это архитектурный стиль, при котором функции приложения предоставляются в виде независимых сервисов. Эти сервисы могут взаимодействовать друг с другом через стандартизированные интерфейсы и протоколы. Основная цель SOA – обеспечить возможность повторного использования и гибкость в разработке и интеграции программных компонентов. Ключевыми характеристиками SOA являются:

1. Автономность сервисов: Каждый сервис является независимым и может функционировать без вмешательства других сервисов.

2. Переиспользуемость сервисов: Сервисы могут быть использованы повторно в различных приложениях и контекстах.

3. Стандартизованные контракты: Взаимодействие между сервисами осуществляется через стандартизованные интерфейсы и протоколы, такие как SOAP и REST.

4. Интероперабельность: Сервисы могут работать на различных платформах и быть написаны на разных языках программирования.

Бизнес-процессам организации необходимо взаимодействовать с различными ИТ-приложениями, быть гибкими к изменениям. При этом возникает ряд проблем: интеграция таких приложений представляет определенную сложность, т.к. ИТ-приложения разработаны на разных языках, под разные платформы, используют различные СУБД, имеют собственные форматы данных (табл. 1). Скорость изменений бизнес-процессов требует адаптации программного обеспечения и необходимо, чтобы результат работы программного приложения полностью удовлетворял целям бизнеса.

Возникла потребность в поиске такой архитектуры ИТ-среды, которая была бы платформонезависимой, позволяла бы использовать существующие на предприятии программные продукты для достижения целей бизнеса, предоставляла бы большую гибкость и возможность повторного использования существующих решений при внесении изменений в бизнес-процессы.

Таблица 1  
Описание программных технологий

Программная технология	Назначение
EAI (enterprise application integration)	Технология централизации, оптимизации и интеграции корпоративных приложений.
ETL (extract, transform and load)	Технология, которая преобразует данные из операционной среды, включающей гетерогенные технологии, в интегрированные, согласующиеся между собой данные, пригодные для использования в процессе поддержки принятия решений.
EII (enterprise information integration)	Технология для интеграции в режиме реального времени несопоставимых типов данных из многочисленных источников. Инструменты EII обеспечивают универсальный уровень доступа к данным и используют технологию поиска информации

Такой архитектурой является SOA (сервис-ориентированная архитектура). SOA – это каркас для интеграции бизнес-процессов и поддерживающей их ИТ-инфраструктуры в форме безопасных, стандартизованных компонентов служб (сервисов), которые могут использоваться многократно и комбинироваться для адаптации к изменению приоритетов в бизнесе. Ключевыми особенностями SOA является понятие сервиса и сервисной шины предприятия.

Сервис – функция, реализующая бизнес-задачу. Ориентация на решение бизнес-задачи позволяет при разработке ИТ-решения сместить акцент с технической стороны на предметную область. Структура сервиса представляет собой компонент (SCA) (рис. 1).

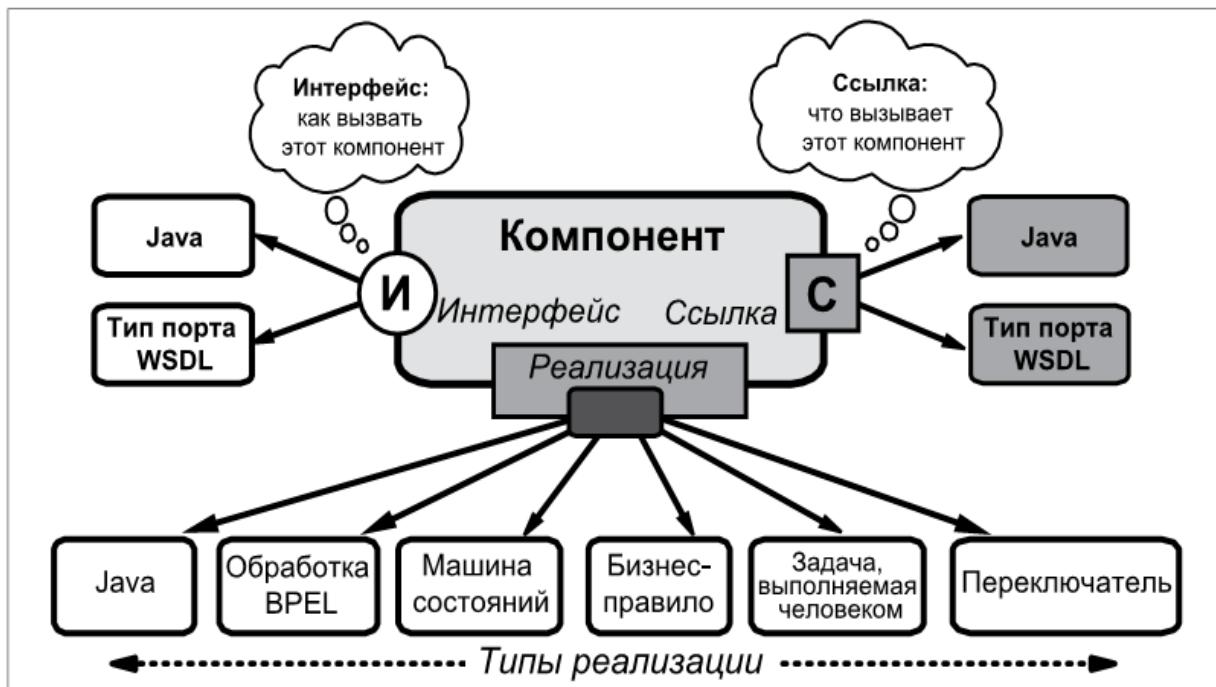


Рисунок 1 – Структура сервиса

Компонент состоит из трех частей:

1. Интерфейс - функции сервиса, входные и выходные аргументы этих функций описываются в открытом стандарте (WSDL).

2. Реализация - часть сервиса, отвечающая за выполнение операции. Сервис может быть реализован с использованием различных языков (например, Java) под разные платформы (Linux, Windows и т.д.), а также при помощи различных технологий: может представлять собой бизнес-процесс, описанный языком BPEL, машину состояний, бизнес-правило.

3. Ссылка - указывает на сервисы, которые использует данный сервис для решения своей задачи, описывается в стандарте WSDL.

Реализация сервиса скрыта от пользователя. Пользователю доступна лишь информация об интерфейсе, т.е. что может выполнить данный сервис. Пользователь не зависит от платформы, на которой работает сервис, в результате чего решается проблема интеграции несовместимых между собой платформ, технологий и языков. Это позволяет использовать в качестве сервиса существующие ИТ-приложения - достаточно только описать интерфейс в формате WSDL.

Сервисная шина предприятия (ESB) — это промежуточное звено, способ связывания сервисов в компонентные логические наборы (рис. 2).

Особенность ESB – наличие инфраструктурных служб, которые выполняют передачу данных, маршрутизацию, обеспечивают требуемое качество услуг, посреднические функции (проверка данных, мониторинг, протоколирование) и контроль доступа. Каждое соединение сервиса с шиной проходит через адаптер, который переводит данные в общий формат. Как только сервис подсоединяется к шине, он сразу становится интегрированным со всеми сервисами, подключенными к этой шине.

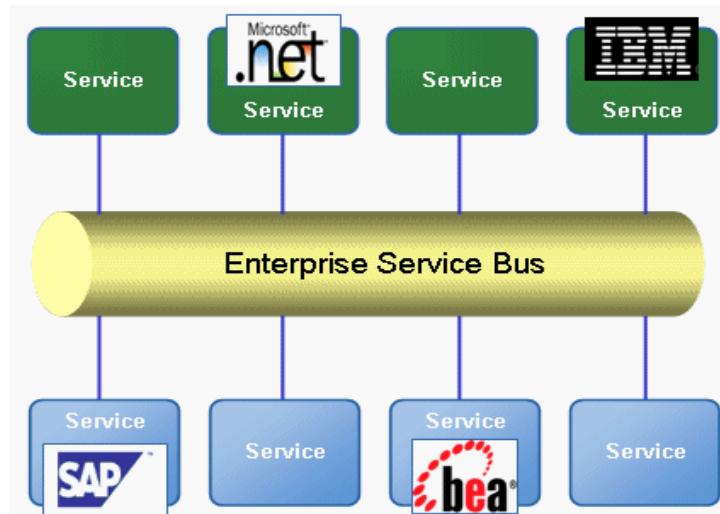


Рисунок 2 – Сервисная шина предприятия

Ключевыми поставщиками решений для SOA являются IBM, Oracle, Sun, Microsoft. Фирма IBM предлагает комплекс программных продуктов для реализации информационной поддержки предприятия на основе SOA [1]. Основными из них являются: WebSphere Integration Developer - среда для разработки сервисов, а также связывания их в бизнес-процесс (стандарт WS-BPEL), WebSphere Process Server - интеграционный сервер, который реализует ESB со всеми необходимыми службами, поддерживает такие компоненты, как бизнес-процессы, задачи персонала, машины состояний и бизнес правила. Для моделирования бизнес-процессов используется WebSphere Business Modeler, а для мониторинга работы бизнес-процесса и сбора статистики - WebSphere Business Monitor.

Методологические вопросы проектирования, разработки и перехода к сервис-ориентированным архитектурам информационных систем освещаются в трудах зарубежных и отечественных ученых и специалистов, среди которых С. Боуз, Н. Биберштейн, К. Джонс, М. Фиаммант, Р. Ша, Г. Льюис, Д. Смит, И. Мамду, К. Контоджианис, Э. Лейна, Дж. Уэстерман, К. Финкельштейн, М.И. Мабрук, Т. Кватрани, Д. Палистрант, Г. Буч, В.А. Балыбердин, В.И. Грекул, Л.Г. Гагарина и другие. В работах авторов сформулированы и теоретически обоснованы научные подходы к проблемам создания сервис-ориентированных информационных систем [2,3].

#### Библиографический список

1. Карабанова, А. А. Анализ микросервисной архитектуры, монолитных приложений, архитектуры SOA / А. А. Карабанова // Синергия Наук. – 2020. – № 46. – С. 255-262. – EDN BVOVEU.
2. Кхан, Д. М. Модель инженерного процесса на основе SOA для управления жизненным циклом систем в Индустрии 4.0 / Д. М. Кхан // Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста : Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 17 апреля 2024 года. – Москва: ООО "Первое экономическое издательство", 2024. – С. 143-148. – DOI 10.18334/9785912925085.143-148. – EDN MUZKAX.
3. SOA-архитектура - современная вершина эволюции // Аналитический банковский журнал. – 2008. – № 2. – С. 67-69. – EDN ILJXXZ.

УДК 339.138

**Токенизация активов**

*Гордиенко Е.П.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

**Аннотация.** В статье показано, что токенизация активов – это процесс трансформации учета и управления активами, при котором каждый актив представляется в виде программируемого цифрового токена; токенизация – это новая форма создания дополнительной ликвидности за счет расширения в обращении незадействованных неликвидных активов.

**Ключевые слова:** реальные активы, анонимность, безопасность, блокчейн, децентрализованные финансы, конфиденциальность, масштабируемость, цифровые платформы, приложения, смарт-контракты, токены.

**Annotation.** The article shows that asset tokenization is a process of asset accounting and management transformation in which each asset is represented as a programmable digital token; tokenization is a new form of creating additional liquidity by expanding untapped illiquid assets in circulation.

**Keywords:** real assets, anonymity, security, blockchain, decentralized finance, privacy, scalability, digital platforms, applications, smart contracts, tokens.

Цифровые активы представляют собой новую категорию имущественных и финансовых прав, существующих исключительно в электронной среде и функционирующих на базе современных технологий: блокчайна и смарт-контрактов. В отличие от привычных форм собственности, цифровые активы не имеют физического воплощения, но предоставляют своим владельцам равнозначные права – например, требования по эмиссионным ценным бумагам, участие в капитале компании или права на объекты интеллектуальной собственности.

Одной из самых многообещающих тенденций последних лет на рынке инвестиций стала токенизация реальных активов с использованием технологии блокчейн. Бурное развитие цифровизации и внедрение блокчейн-платформ позволяет компаниям и частным инвесторам расширять доступ к капиталу, упрощать процессы передачи имущественных прав и автоматизировать сделки. Благодаря токенизации неликвидные активы – недвижимость, искусство, товарные запасы – становятся ликвидными и торгуемыми на глобальных рынках. К примеру, сегодня участвовать в инвестировании в бизнес-центры или произведения искусства можно, приобретая цифровые токены на открытых платформах.

По сути, токенизация представляет собой процесс создания цифрового токена, представляющего право собственности на долю в реальном активе, будь то картина, здание или коллекционное вино. Право собственности на акции, облигации, недвижимость, другие ценности «упаковывают» в цифровую оболочку, а потом переносят в распределенный реестр. Так на практике выглядит токенизация активов – способ перенести традиционные права в программируемую среду.

**Ключевые преимущества токенизации для инвесторов в экзотические активы:**

1. Повышение ликвидности за счет возможности свободной торговли токенами на цифровых биржах и маркетплейсах.
2. Снижение порога входа и демократизация доступа к альтернативным инвестициям для широкого круга инвесторов.
3. Упрощение и ускорение процесса проведения транзакций, снижение связанных с ними издержек.

4. Обеспечение прозрачности и надежности сделок за счет использования умных контрактов и неизменяемости данных в блокчейне.

5. Возможность создания диверсифицированных портфелей экзотических активов путем приобретения небольших долей в различных токенизованных объектах.

На сегодняшний день в мире уже реализовано несколько успешных проектов по токенизации предметов искусства, недвижимости, коллекционных вин и других экзотических активов. Платформы наподобие Maecenas, Masterworks и WiV Technology позволяют инвесторам приобретать доли в токенизованных активах и торговать ими на вторичном рынке.

Перечислим самые популярные виды активов, которые превращают в токены:

1. Акции. Токены представляют права акционеров: дивиденды, голосование, обратный выкуп. Для них применяются стандарты, поддерживающие «белые списки» инвесторов и ограничения на переводы.

2. Недвижимость. Доходные объекты (жилые дома, апартаменты, склады) дробят на доли. Смарт-контракты распределяют арендные платежи инвесторам пропорционально владению — «бухгалтерия» уезжает в код, а прозрачность повышается.

3. Долговые инструменты. Облигации и ноты активно «переезжают» в токенизованный формат — например, казначейские облигации США, которые используют для быстрых расчетов или залога.

4. Товары и сырье. Некоторые площадки выпускают токены на металлы или иные товарные активы — с обеспечением и учетом на лицензированных платформах.

Однако, несмотря на очевидные преимущества, токенизация экзотических активов пока еще находится на начальном этапе развития и сталкивается с рядом проблем. Среди них — неопределенность правового статуса токенизованных активов, технические сложности с обеспечением соответствия токенов реальным объектам, а также риски, связанные с безопасностью и надежностью блокчейн-платформ.

Токенизация искусства приносит ряд преимуществ:

*Прозрачность:* Блокчейн обеспечивает прозрачность происхождения и владения произведениями искусства, уменьшая риск подделки.

*Авторские права:* Смарт-контракты на блокчейне могут автоматизировать выплаты художникам при каждой перепродаже их произведений.

*Доступность:* Токены позволяют искусству стать доступным для широкой аудитории, а не только для коллекционеров.

*Ликвидность:* Продажи NFT могут быть проведены в режиме реального времени, улучшая ликвидность произведений.

Тем не менее, по мере совершенствования технологий и формирования необходимой правовой и институциональной базы, токенизация имеет все шансы стать доминирующей формой инвестирования в экзотические активы. Для российских инвесторов это открывает новые возможности диверсификации своих портфелей и получения доступа к ранее недоступным классам активов через цифровые биржи и маркетплейсы.

Токены предоставляют возможность организации доступа к публичным услугам через прозрачные и безопасные механизмы. Использование токенов превращает пользователей в активных участников, стимулируя их вовлеченность в процессы. Например, внедрение токенов в систему голосования позволяет не только обеспечивать анонимность участников, но и гарантировать подлинность голосов.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Основная смена модели доступа заключается в том, что токены могут служить уникальными идентификаторами для пользователей, предоставляя доступ к специфическим услугам на основе их активности или потребностей. Подобный подход способствует установлению справедливой системы распределения ресурсов. Механизмы вознаграждений за использование токенов могут включать в себя скидки, приоритетный доступ к услугам и другие привилегии.

Токенизация также позволяет осуществлять микроплатежи, что делает доступ к таким услугам, как здравоохранение и образование, доступнее. Пользователи могут оплачивать только те услуги, которые им действительно нужны, минимизируя финансовые затраты. Это ведет к высокому уровню удовлетворенности пользователей и повышению уровня доверия к государственным и частным учреждениям.

Внедрение токенов способствует повышению финансовой прозрачности и снижению уровней мошенничества. Благодаря неизменности блокчейна каждый этап использования токена может быть проверен, что создает дополнительную защиту для обеих сторон – и для поставщиков услуг, и для пользователей. Это позволяет не только сократить административные расходы, но и улучшить качество предлагаемых услуг.

Безусловно, важным аспектом является необходимость образовательных программ для пользователей и поставщиков о работе токенов и блокчейна.

Российский рынок блокчейна регулирует Федеральный закон № 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте...».

Согласно документу, ЦФА — это цифровые права, в которые входят денежные требования и иные права. Закон регулирует все эти инструменты. Банк России ведет реестр операторов информационных систем (ОИС), которые выпускают ЦФА или управляем ими.

Первым в реестр вошел «Атомайз» (февраль 2022 года). Платформа размещала ЦФА на корзину металлов и другие инструменты, работая под надзором Центробанка в рамках 259-ФЗ [1].

Позже рынок расширился: свои платформы развиваются «Лайтхаус», «Сбер», ряд других организаций. Для инвесторов появляется больше опций — от механизмов финансирования бизнеса до ЦФА на золото.

На практике важно учитывать несколько моментов. Во-первых, доступ к отдельным продуктам может быть ограничен. Это зависит от требований к инвесторам, периодичности размещений, объема лота.

Во-вторых, выпуск и обращение ЦФА сопровождаются обязательным раскрытием данных: решения о выпуске, условий обращения, порядка погашения. Эти документы публикуют и подписывают УКЭП. Регистр сведений есть на сайтах операторов, а также на сайте ЦБ.

Третье — с точки зрения налогообложения действуют общие правила для аналогичных прав/требований в онлайн.

Токенизация цифровых активов в России —регулируемая экосистема ЦФА с операторами, раскрытием и ответственностью. Для инвестора это означает необходимость знакомиться с документами выпуска и проверять статус платформы.

Токенизация — это не просто технологический тренд, это будущее финансовых рынков. Она уже меняет способы, которыми мы покупаем, продаём и владеем активами.

Будут ли токенизированы небоскрёбы, картины Пикассо и золото? Скорее всего, да. И чем раньше мы примем эту реальность, тем больше возможностей сможем из неё извлечь.

Токенизация активов — это процесс преобразования реальных активов в цифровые токены с использованием блокчейн-технологии. Если объяснить простыми

словами, то можно представить ситуацию, когда дорогой актив (например, здание, картина или акция компании) разделяется на мелкие цифровые части, которые можно легко покупать, продавать или обменивать в цифровом формате. Эти части называются токенами, и каждый токен представляет собой долю этого актива [2].

Представьте себе здание стоимостью 1 миллион долларов. Не каждый человек может позволить себе купить его целиком. Но если разделить это здание на 1 000 токенов по 1 000 долларов каждый, то гораздо больше людей смогут вложиться в этот актив. Токенизация позволяет сделать то же самое с акциями, облигациями, сырьевыми товарами и другими активами, создавая доступность для более широкого круга инвесторов.

Главный смысл токенизации заключается в повышении ликвидности активов, упрощении транзакций и предоставлении новых возможностей для инвесторов. Это делает инвестиции более демократичными и доступными, снижая барьеры для входа на сложные и дорогие рынки.

#### Библиографический список

1. Рудзейт, О. Ю. Токенизация активов и продукции / О. Ю. Рудзейт, А. В. Недяк, А. Р. Зайнетдинов // Отходы и ресурсы. – 2020. – Т. 7, № 2. – С. 9. – DOI 10.15862/10INOR220. – EDN OMPEAF.
2. Фролов, В. Н. Токенизация активов и связанные задачи / В. Н. Фролов, А. А. Ватолин, А. П. Романчук // Труды института математики и механики УрО РАН. – 2023. – Т. 29, № 3. – С. 231-246. – DOI 10.21538/0134-4889-2023-29-3-231-246. – EDN AXFNXA.

#### УДК 339.138

#### Реализация защищенного веб-контента электронного бизнеса

Гордиенко Е.П.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация.** В статье представленный обзор посвящен описанию существующих моделей и методов защиты веб-ресурсов и возможностей создания средств автоматизированного обнаружения уязвимостей.

**Ключевые слова:** платформа, технология, бизнес, коммерция, безопасность, модель, риск, блокчейн.

**Annotation.** In the article, the review is devoted to the description of existing models and methods of protecting web resources and the possibilities of creating automated vulnerability detection tools.

**Keywords:** platform, technology, business, commerce, security, model, risk, blockchain.

Электронный бизнес часто называют технологией третьего тысячелетия. Начало развития электронного бизнеса в Интернет обычно связывают с 1995 годом, когда началось активное освоение Интернет частными пользователями; в том же году был открыт и один из первых Интернет-магазинов — Amazon. Это новое направление экономики развивается очень быстрыми темпами. Произошли изменения не только в отношениях между компаниями и их клиентами, но и во внутренней структуре самих предприятий. Появились новые модели ведения бизнеса.

Электронный бизнес (ЭБ) — форма ведения бизнеса, при которой его значительная часть выполняется с применением информационных технологий (это локальные и глобальные сети, специализированное программное обеспечение и т.д.). Электронный

бизнес включает в себя продажи, маркетинг, финансовый анализ, платежи, поиск сотрудников, поддержку пользователей и партнерских отношений. Электронный бизнес (англ. – Electronic Business), е-бизнес – бизнес-модель, в которой бизнес-процессы, обмен бизнес-информацией и коммерческие транзакции автоматизируются с помощью информационных систем. Значительная часть решений и пользует интернет-технологии для передачи данных и предоставления веб-сервисов. Впервые термин прозвучал в выступлении бывшего генерального директора IBM Луи Герстнера. Внутренняя организация компании на базе единой информационной сети (интранет), повышающей эффективность взаимодействия сотрудников и оптимизирующей процессы планирования и управления; внешнее взаимодействие с партнерами, поставщиками и клиентами – все это составные части е-бизнеса.

Любая организация существует в некоторой внешней среде. Эта же организация порождает свою внутреннюю среду. Внутренняя среда формируется как совокупность структурных подразделений предприятия и сотрудников и отношениями между ними: технологическими, социальными, экономическими и другими. В зависимости от источника возникновения в рамках организации имеется внутренняя и внешняя информация, составляющая информация ее информационные ресурсы. Все информационные ресурсы (ИР) предприятия предназначены для обеспечения внешне- и внутриэкономической деятельности.

Контент – содержание информационного ресурса, рассматриваемое вне формы его визуального представления. Контент может быть экономическим, правовым, техническим, технологическим и другим. Может находиться в Интернете (веб-контент), на предприятии (корпоративный контент). Web-контент, как правило, не структурирован, корпоративный контент сохраняется в структурированных формах.

Задача управления контентом заключается в разработке эффективной формы его хранения. Исключительно важна эта задача для электронного бизнеса, так как контент и форма являются ключевыми факторами маркетинговой и рекламной стратегии предприятия. Управление контентом реализуется интегрированными сервисами. Сервисы разграничивают пользователя и администратора с технологической и программной средой.

Необходимо администрирование веб-ресурсов – изменение структуры веб-сайта, разработка новых, разграничение прав доступа. Для этого предназначена система управления веб-контентом (WCMS). Задачами WCMS и будет операция добавления, удаления, редактирования контента.

Системы документооборота масштаба предприятия являются составными частями системы управления корпоративным контентом. Эволюция систем управления корпоративным контентом связана с развитием специализированных программных систем класса ECM. Контент не отделим от бизнес-процессов предприятий, поэтому такие системы интегрируют с системами управления бизнес-процессами BPM.

1. Общая стратегия реализации защищенного веб-контента основана на трех принципах:

1. **Конфиденциальность – скрытие информации при необходимости.**
2. **Целостность** – в случае, если данные повреждаются, предусмотрена процедура восстановления;
3. **Доступность** – ресурсы должны быть доступны авторизованному пользователю, внутреннему объекту или устройству.

2. Сайты электронной коммерции становятся привлекательными целями для злоумышленников из-за личной и платежной информации. Клиенты могут понести финансовые потери, а продавцы могут столкнуться с повреждением своей репутации,

потерей товаров и угрозой судебных исков если перенаправить клиентов на ложную страницу или изменить заказ, прежде чем он будет передан в платежный процессор.

3. Добиться максимальной защищенности возможно, если строить веб-контент на надежной CMS системе, тщательно подобрать серверное окружение и использовать проверенные практики безопасности, например, тестирование веб-приложений на безопасность.

4. Традиционно используются следующие методы, которые гарантируют требуемый уровень защиты веб-контента:

1. Контроль доступа.

2. Аутентификация – нет возможности обойти процедуру регистрации и авторизации; корректное управление пользовательскими данными, исключена возможность получения информации о зарегистрированных пользователях и их учетных данных.

3. Валидация входных значений – проверка алгоритмов обработки данных.

4. Криптография – проблемы с шифрованием, дешифрованием, подписью, верификацией подлинности, включая уровень сетевых протоколов, работу с временным файлами и cookies.

5. Механизмы обработки ошибок.

6. Конфигурация сервера – проверка на доступность значений переменных для совместного использования приложениями и запросами.

7. Интеграция со сторонними сервисами – невозможность манипуляции данными, передаваемыми между приложением и сторонними компонентами, например, платежными системами или соцсетями.

8. Проверка устойчивости к Dos/DDos атакам – способность приложения обрабатывать незапланированно высокие нагрузки и большие объемы данных.

Современные информационные услуги становятся все более удобными, интерактивными и клиентоориентированными и все чаще предоставляются удаленно посредством сети Интернет через обычный веб-интерфейс. Такие простые сервисы как электронная почта, заказ пиццы, покупка каких-либо вещей или такие сложные как дистанционное банковское обслуживание, предоставление государственных услуг – сегодня все доступно через сеть. Это очень удобно, но и это очень опасно. Особенно учитывая то, что возможность веб-доступа могут иметь не только фронтофисы информационных систем (ИС) розничных компаний, но и критичные бизнес-системы, а сервисы предоставляются не только в сегменте b2c, но и b2b. Поэтому атака на веб-сервисы – одна из самых опасных и распространенных угроз, способная вызвать финансовые или репутационные потери для владельца сервиса, но и привести к финансовым потерям его клиентов. Ежегодные прямые убытки от атак на веб-ресурсы по разным данным составляют от 1 до 3,5 триллионов долларов США. Косвенные убытки и потери, связанные с ущербом репутации, упущенной прибылью, похищением данных кредитных карт, персональных данных и пр. не поддаются оценке [1].

Веб-сервисы часто разрабатывают студии и люди, не имеющие никакого представления об информационной безопасности, а решения, которые они используют не позволяют ни обеспечить защиту самой системы, ни разграничить периметры веб- и внутренних информационных систем. Другая встречающаяся крайность – экономия финансов и времени на разработку веб-приложений как не основного продукта при внедрении ИТ-систем, что способствует снижению уровня безопасности даже изначально надежных платформ и, часто вызывает появление уникальных уязвимостей в добавок к имеющимся стандартным.

Угрозы, которым подвергаются корпоративные веб-сервисы, имеют пять основных видов:

- Нарушение доступности сервиса вследствие атаки типа «отказ в обслуживании».
- Подмена веб-сайта или изменение его содержания с целью осуществления прямых злонамеренных действий или сбора данных для последующего их использования.
- Внедрение вредоносного кода на веб-сайт без его видимого изменения с целью осуществления атаки на ИС владельца сервиса или на пользователей.
- Мошенничество с клиентскими данными (кражи/изменение данных CRM, биллинга и пр.).
- Утечка данных с веб-ресурса – прямая кража персональных данных пользователей, информации об их банковских картах и т.п.

Все это – серьезные риски, которые должны учитываться, а потенциальные потери – минимизироваться. Комплекс защиты от атак на веб-ресурсы включает в себя средства, которые обеспечивают выполнение следующих функциональных задач (рис.1):

1. Разграничение периметров внутренних ИС, баз данных (БД) и внешних веб-интерфейсов.

2. Осуществление контроля обращений к ресурсам, их независимый аудит.
3. Защиту от атак на уровне веб-приложений.
4. Защиту от атак на уровне запросов к базам данных.
5. Поиск и анализ аномалий на уровне пользователей и запросов.
6. Защита веб-сервисов и бизнес-приложений.

Внедрение обеспечивает комплексную защиту веб-приложений и дает следующие результаты:

1. Снижение времени простоя веб-сервисов из-за инцидентов ИБ.
2. Своевременное обнаружение злонамеренных действий и инцидентов ИБ, недопущение их развития или предотвращение.
3. Снижение риска возникновения инцидентов, связанных с мошенничеством.
4. Выполнение требований регулирующих законодательных актов, нормативных документов и стандартов (PCI DSS, 152-ФЗ, СТО БР ИБС 1.0).



Рисунок 1 – Комплекс защиты от атак на веб-ресурсы

В современной активной информационной среде информационные ресурсы компаний требуют внедрения средств защиты, которые позволят повысить надежность функционирования информационной среды предприятия, обеспечат безотказность в работе веб-приложений и защиту личных данных сотрудников и клиентов организаций [2]. Для эффективной защиты информационных технологий организации в качестве средств обеспечения безопасности следует использовать в комплексном применении следующие средства: прокси-серверы; средства обнаружения и предотвращения вторжений (IPS/IDS); антивирусы; средства мониторинга сети; средства для защиты от целевых атак; VPN; межсетевые экраны. Комбинирование указанных средств при проектировании и реализации системы защиты позволит максимально защитить информационную среду предприятий и веб-приложения, которые используются в этих организациях.

#### Библиографический список

1. Демина, Р. Ю. Защита веб-контента от несанкционированного автоматизированного сбора информации / Р. Ю. Демина, Д. Э. Шукралиева, Р. Р. Ференс // Проблемы проектирования, применения и безопасности информационных систем в условиях цифровой экономики : Материалы XXII Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 21–22 ноября 2022 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный экономический университет "РИНХ", 2022. – С. 70-75. – EDN AJLODZ..
2. Горелик, В. Ю. Сетевые способы защиты веб-приложений / В. Ю. Горелик, Д. С. Скоморохов // Информационно-технологический вестник. – 2020. – № 1(23). – С. 104-109. – EDN MTXMRS..

#### УДК 339.138

#### Применение информационных технологий в реинжиниринге бизнес-процессов

Гордиенко Е.П.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация.** В современном бизнесе цифровые технологии стали основой для ключевых процессов – ИТ-инфраструктура критически важна для работы любой компании. Чтобы сохранить конкурентоспособность и лидерство на рынке, организациям важно уметь реагировать на внутренние и внешние изменения и своевременно трансформировать собственные бизнес-процессы, тщательно выбирая ИТ-решения для поддержки новых операционных задач.

**Ключевые слова:** реинжиниринг бизнес-процессов; информационные технологии.

**Annotation.** In modern business, digital technologies have become the basis for key processes – the IT infrastructure is critically important for the work of any company. To maintain competitiveness and market leadership, it is important for organizations to be able to respond to internal and external changes and transform their own business processes in a timely manner, carefully choosing IT solutions to support new operational challenges.

**Keywords:** business process reengineering; information technology.

Термин «реинжиниринг» был введен Майклом Хаммером. Реинжиниринг — это фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование деловых процессов для достижения резких, скачкообразных улучшений главных современных показателей деятельности компании, таких как стоимость, качество, сервис и темпы. Главной целью реинжиниринга является резкое ускорение реакции предприятия на

изменения в требованиях потребителей при многократном снижении затрат всех видов. Выделяют основные цели и методы реинжиниринга, в соответствии с конкурентной ситуацией:

- резкое снижение затрат на выполнение производственных функций;
- глобализация бизнеса;
- рост мобильности персонала;
- ускоренное продвижение новых технологий;
- реализация предыдущих целей с опорой на применение информационных технологий.

Существует два вида реинжиниринга: реинжиниринг в условиях кризиса и стратегический реинжиниринг, потребность в котором возникает в случае наличия неблагоприятных прогнозов развития предприятия или с целью большего отрыва от конкурентов. Стратегический реинжиниринг является составной частью общей стратегии развития предприятия и служит одним из инструментов достижения его долгосрочных целей. Реинжиниринг предполагает решение нескольких задач (рис. 1)



Рисунок 1 – Последовательность решения задач реинжиниринга

Реинжиниринг бизнес-процессов выполняется на основе применения инженерных методов и современных программных инструментальных средств моделирования бизнес-процессов совместными командами специалистов компаний и консалтинговой фирмы. Моделирование бизнес-процессов позволяет точно представить цели, исследуемые характеристики и конечные результаты каждого вида деятельности. Бизнес-процессы определяют прохождение потоков работ независимо от иерархии и границ подразделений, которые их выполняют. Поэтому реинжиниринг бизнес-процессов нацелен на выявление объективной структуры бизнес-процесса, оптимальное распределение выявленных функций по структурным подразделениям и исполнителям.

Информационные технологии (ИТ) радикально изменяют бизнес-процессы и повышают конкурентоспособность предприятий, внедряясь наряду с другими факторами ведения бизнеса: реструктуризацией, технологическими инновациями, ценовой политикой, администрированием. Современные ИТ являются неотъемлемой частью любого реинжинирингового мероприятия (рис. 2).



Рисунок 2 – ИТ-инструменты реинжиниринга

Задачи бизнес-процессов включают объединение информационных ресурсов структурных подразделений компании и создание интегрированной корпоративной информационной системы управления. Такая система функционирует в реальном масштабе времени, базируется на объективных данных о финансовых и материальных потоках по всем сферам хозяйственной деятельности предприятия, обеспечивает общее снижение затрат и имеет возможность оперативно реагировать на изменения рыночной ситуации.

Во время реализации проекта по разработке ИТ-решения рекомендуется придерживаться гибкого подхода. Отметим его основные преимущества:

- программный продукт в усеченной версии может быть получен задолго до завершения проекта, так как благодаря гибкой методологии промежуточные версии решения уже дают готовый функционал пользователю;
- в процессе реализации проекта происходит постоянное общение проектной команды с бизнес-пользователями, благодаря чему требования к функционалу уточняются и актуализируются, а это значит, что на выходе бизнес получит ту систему, которая будет максимально удовлетворять текущие потребности;
- гибкий подход позволяет своевременно реагировать на изменение окружающей среды, что также плодотворно влияет на качество реализации программного решения. И заключительной этап – оценка результатов.

Пройдя все этапы, управляющее подразделение на основе результатов проекта оценивает степень его внедрения в операционную деятельность по разработанной на втором этапе методике, которая показывает, насколько сильно трансформировался бизнес-процесс с учетом использования в нем программного цифрового продукта.

ИТ и бизнес-процессы взаимосвязаны: возможности ИТ должны поддерживать бизнес-процессы, а бизнес-процессы должны выполняться в условиях, которые могут обеспечить ИТ [1]. В соответствии с этой парадигмой выделяют три категории изменений, которые обеспечивают использование ИТ (табл. 1).

Таблица 1 – Изменения бизнес-процессов за счет использования ИТ

Категория	Изменения
Улучшение временных характеристик процессов без модификации их содержания	автоматизация работы и сокращение ручного труда; выполнение анализа данных новыми методами, которые невозможно применять вручную
Реорганизация последовательности шагов по выполнению	одновременное выполнение различных работ, с использованием баз данных и сетей; переход к распределенной организации данных, обеспечивающей доступ к информации из различных мест;

заданий в бизнес-процессе	вынесение части процессов за пределы компании и предоставления клиентам или поставщикам возможности доступа к информационным системам; координирование действий, достигаемое за счет быстрого доступа к необходимой информации в пределах компании; использование экспертных систем для привлечения сотрудников средней квалификации к выполнению сложных высококвалифицированных работ
Контроль экземпляра процесса и выявление проблем и «узких» мест	использование информационной поддержки; сопровождение

ИТ сами по себе не обеспечивают то кардинальное обновление, которое ожидается получить от реинжиниринга. Объектно-ориентированный подход признан в настоящее время базовой методологией реинжиниринга бизнес-процессов, так как позволяет описывать не только сущности, но и их поведение и допускает создание легко модифицируемых моделей бизнеса, реализующих повторное использование отдельных компонентов [2].

Появилась возможность быстрой обработки больших массивов информации за счет применения «облачных» технологий и хранилищ данных. Методы инженерии знаний позволяют сформировать информационно-справочную базу данных, базу знаний системы для диагностики и верного принятия решения, исходя из предыдущего опыта. Инструментальные средства и специальные пакеты позволяют быстро разработать поддерживающие информационные системы. Специалисты могут получать, передавать и сохранять информацию из того места, где они находятся за счет применения технологий беспроводной связи и мобильных устройств.

#### Библиографический список

1. Батаногова, Ю. А. Этапы реинжиниринга бизнес-процессов предприятия на основе цифровой трансформации / Ю. А. Батаногова // Цифровые инструменты обеспечения устойчивого развития экономики и образования: новые подходы и актуальные проблемы : Сборник научных трудов III-й Национальной научно-практической конференции (с международным участием). В 2-х томах, Орел, 01 апреля 2024 года. – Орел: Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, 2024. – С. 20-26. – EDN RQDJZK..
2. Богатырева, А. К. Тенденции развития и реализации реинжиниринга информационных систем и его влияние на Эффективность деятельности предприятий / А. К. Богатырева, В. В. Осенний // Научные исследования XXI века. – 2019. – № 1(1). – С. 109-114. – EDN WBXOEW.

**Контрейлерные перевозки, перспективы развития**

Журавлева И.В., Мадяр О.Н.

1. Филиал РГУПС в г. Воронеж

2. Институт управления и цифровых технологий, Российский институт транспорта

Способ транспортировки грузов контрейлерными поездами дает возможность грузовладельцам строить новые логистические цепочки, и в конечном итоге от данной услуги потребитель выигрывает за счет ускорения сроков доставки, сокращения транспортных издержек, сохранности дорожного покрытия и повышения безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: контрейлерная перевозка, оптимальный способ перевозки, автоприцепы, ускоренная доставка, конкурентоспособность, ускоренные контрейлерные поезда.

Transporting freight by piggyback train allows cargo owners to build new logistics chains, and ultimately, consumers benefit from this service through faster delivery times, reduced transportation costs, road surface preservation, and improved road safety.

Keywords: piggyback transportation, optimal transportation method, trailers, expedited delivery, competitiveness, high-speed piggyback trains.

В настоящее время мировая экономика достигла такого уровня развития, что она предъявляет все более высокие требования к транспортной отрасли. В первую очередь, речь идет об экономичности и скорости доставки, сохранности грузов и экологической безопасности процесса. По этим критериям идеально подходит новый для нашей страны способ транспортировки грузов – контрейлерная перевозка.

Контрейлерные перевозки представляют собой комбинированные железнодорожно-автомобильные перевозки, при которых автопоезда и автоприцепы перевозятся на специальных платформах для доставки. Они предполагают использование специальных железнодорожных платформ, на которые закрепляют полуприцепы, прицепы, съемные кузова и даже целые автопоезда [1,2].

Преимущества контрейлерных перевозок включают снижение стоимости за счет тарифных преференций, возможность осуществлять перевозки в любое время года, а также доставку грузов в отдаленные регионы, не имеющие развитых автомобильных дорог.

Для России, с её огромными просторами и развитой железнодорожной сетью, такие перевозки являются наиболее эффективным способом транспортировки. Особенно это актуально для Дальнего Востока, Якутии и Забайкалья, где из-за удаленности от центральной части страны качество автомобильных дорог оставляет желать лучшего. Зимой и в межсезонье некоторые маршруты становятся полностью недоступными для грузового автотранспорта.

Контрейлерные перевозки позволяют автотранспорту преодолевать большую часть пути по железной дороге, что снижает риск задержек и форс-мажорных ситуаций, а также уменьшает износ транспортных средств.

Для обеспечения ускоренной доставки и повышения конкурентоспособности контрейлерного сервиса по отношению к перевозкам автотранспортом ОАО «РЖД» реализована возможность включения вагонов с контейнерами в состав контейнерных поездов, в том числе в рамках услуги «Грузовой экспресс» [3,4].

В парке АО «ФГК» – 102 контейнерные платформы модели 13-5205 «Сибирь». Это эксклюзивные длиннобазные вагоны-платформы для контейнерной перевозки

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

транспортных средств, имеющих длину до 18 750 мм: автомобилей автопоездов, тягачей, прицепов, съемных автомобильных кузовов (имеющих фитинги), гусеничных машин. Также «Сибирь» привлекается для перевозки крупнотоннажных и танк-контейнеров, штучных и иных грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков.

Также 151 контрейлерная платформа модели 13-6701 «Печора». Это платформы колодцевого типа, предназначенные для контрейлерных перевозок полуприцепов и крупнотоннажных контейнеров. «Печора» не имеет габаритных ограничений и ограничений маршрутов следования, не требует вспомогательного оборудования для крепления полуприцепа, обладает надежной устойчивостью от опрокидывания при транспортировке.

Комплексная услуга включает в себя терминальную обработку и доставку железнодорожным транспортом контейлера по маршруту, что позволяет оптимизировать финансовые и временные затраты клиентов, а также гарантирует сохранность перевозимого груза.

Популярные направления контрейлерных перевозок:

- Москва – Новосибирск – Москва;
- Москва – Владивосток – Москва;
- Москва – Уссурийск – Москва;
- перевозки по Северной железной дороге [5,6].

На сети ОАО «РЖД» осуществляются комбинированные железнодорожно-автомобильные перевозки автопоездов, автоприцепов, полуприцепов и съемных автомобильных кузовов на контрейлерных платформах (модели платформ: 13-6701 «Печора», 13-5205 «Сибирь», 13-6987, 13-9938), рисунок 1.

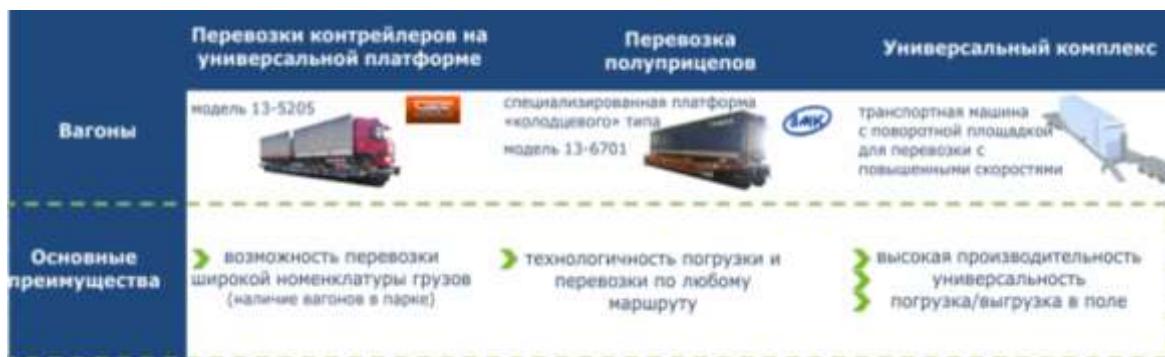


Рисунок 1 – Перспективный парк подвижного состава АО «ФГК»

Следует отметить, что Западно-Сибирская железная дорога впервые отправила автомобиль с грузом на железнодорожной платформе в 2020 году. С 2021 года на контейнерно-контейлерных терминалах магистрали наложены регулярные перевозки в направлениях Москвы и городов Дальнего Востока.

Преимущества контейлерных грузоперевозок заключаются в сочетании маневренности и скорости автотранспорта с безопасностью и независимостью от погодных условий железнодорожного сообщения. Это также способствует разгрузке автомагистралей, снижению аварийности и сохранению дорожного полотна.

На сегодняшний день такие перевозки осуществляются регулярно по маршрутам: Сосногорск (Республика Коми) – Воркута, Силикатная (Московская область) – Уссурийск, Уссурийск – Новосибирск. В мае 2022 года стартовала тестовая отправка груженой контейлерной платформы из Москвы в Калининград, а в июне 2022 – из Калининграда в Новосибирск.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Для государства контрейлерные перевозки важны с экологической точки зрения. По статистике, до 90% выбросов загрязняющих окружающую среду приходится на автомобильный транспорт.

Такие перевозки особенно востребованы на дальних маршрутах и в труднодоступных регионах. АО «ФГК» регулярно осуществляет контрейлерные рейсы по маршрутам Москва – Новосибирск и Сосновогорск – Воркута. В этом году открыты новые маршруты: Новосибирск – Якутия и Санкт-Петербург – Дальний Восток. В будущем планируется организовать регулярные ускоренные поезда с перевозкой автотранспорта по графику с точным временем отправления и прибытия [7,8].

Компания ОАО «РЖД» предпринимает активные шаги по созданию специализированных станций для обработки контейнеров и разработке платформ, приспособленных для прохождения туннелей и мостов. Данные мероприятия направлены на достижение ряда значимых выгод: сокращение расходов на доставку товаров в удаленные районы путем уменьшения топливных издержек и платы за проезд по дорогам; четкое соблюдение сроков транспортировки вне зависимости от дорожных происшествий, неблагоприятных погодных условий и заторов; увеличение уровня безопасности и сохранения груза; минимизация негативного влияния на природу; облегчение нагрузки на дорожную инфраструктуру.

### Библиографический список:

1. Попова, Е. А. Логистический сервис АО «РЖД Логистика» / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 302-305. – EDN WQDMWA.
2. Куныгина, Л. В. Методы оценки эффективности логистической системы транспортной организации / Л. В. Куныгина // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 146-150. – EDN KGXLTS.
3. Куныгина, Л. В. Развитие железных дорог на пространстве БРИКС: задачи сотрудничества / Л. В. Куныгина // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 142-146. – EDN LQWTLR.
4. Попова, Е. А. Современные условия рынка термиально-складской обработки груза / Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 305-307. – EDN VNIEWM.
5. Попова, Е. А. Динамика развития контейнерных перевозок / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 186-191. – EDN NKTBIP.
6. Попова, Е. А. Методические подходы к формированию макроэкономических эффектов в условиях ускоренного развития транспортного комплекса / Е. А. Попова // Корпоративное управление экономической и финансовой

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

деятельностью на железнодорожном транспорте : Сборник трудов по результатам VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 13–14 декабря 2023 года. – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 169-171. – EDN EYARCW.

7. Куныгина, Л. В. Современные методы управления качеством сервиса в грузовых железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 279-283. – EDN BCZJGD.

8. Попова, Е. А. Современные условия рынка терминально-складской обработки груза / Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 305-307. – EDN VNIEWM.

УДК 656.025

### **Мультимодальная перевозка, как важная составляющая перевозочного процесса**

Журавлева И.В., Мадяр О.Н.

*1. Филиал РГУПС в г. Воронеж*

*2. Институт управления и цифровых технологий, Российский институт транспорта*

На сегодняшний день, организация мультимодальных перевозок – лучшее решение при транспортировке грузов на межконтинентальных маршрутах и в труднодоступные, отдаленные регионы нашей обширной страны, что позволяет эффективно выполнять доставку грузов к потребителям.

Ключевые слова: мультимодальная перевозка, оптимальный маршрут, координация, оптимальный вид транспорта, логистический процесс, эффективность и надежность.

Today, multimodal transportation is the best solution for transporting cargo along intercontinental routes and to hard-to-reach, remote regions of our vast country, enabling efficient delivery of goods to consumers.

Keywords: multimodal transportation, optimal route, coordination, optimal mode of transport, logistics process, efficiency and reliability.

Мультимодальные перевозки – это последовательное перемещение груза различными видами транспорта. Данный вид перевозки организуется в рамках договора с одной логистической (экспедиторской) компанией. В России зачастую используют схему «автомобиль + железнодорожный транспорт», но при необходимости транспортные компании могут организовать доставку авиа или по морю. Мультимодальные перевозки позволяют оперативно доставить груз в нужное место, что критически важно для скоропортящихся, хрупких или опасных товаров. Кроме того, выбор оптимального вида транспорта для каждого участка маршрута снижает затраты.

Организация мультимодальных перевозок представляет собой сложную задачу, требующую высокого профессионализма. Компания, берущая на себя обязательства по обеспечению доставки груза, обязана располагать необходимым транспортным парком, опытом оформления документации и способностью оперативно доставлять товары из одной точки в другую. Мультимодальная логистика является неотъемлемой

составляющей современных транспортных схем и подразумевает комплексный подход к доставке груза, задействующий разные типы транспорта для перемещения товара от отправителя к конечному потребителю. Использование мультимодального подхода позволяет существенно сократить временные и финансовые расходы на организацию логистики. Подобная схема предполагает комбинирование различных видов транспорта, каждый из которых играет свою роль в обеспечении эффективной доставки груза. Рассмотрим основные виды транспорта, используемые в мультимодальных перевозках [1,2].

Железнодорожный транспорт занимает ключевое положение среди элементов мультимодальной логистики. Его отличают высокая грузоподъемность, позволяющая перевозить значительные объемы грузов, а также надежность и регулярность, обеспечивающие точное планирование маршрутов и сроков поставок. Хорошим примером служит экспорт китайских товаров в европейские страны посредством железнодорожного сообщения, которое выгодно сочетает высокую скорость передвижения и умеренную стоимость услуг.

Автотранспорт также имеет большое значение в мультимодальном сообщении. Грузоперевозки автомобильным транспортом обеспечивают большую гибкость и точность доставки, особенно в случаях, когда требуется прямой доступ к пункту назначения «от двери до двери». Автомобили незаменимы при доставке материалов на объекты строительства или в труднодоступные местности, куда сложно добраться другим видом транспорта.

Морские суда занимают значительное место в международной логистической цепи, чаще всего привлекаясь для осуществления долгих и далеких грузоперевозок. Основное достоинство морского транспорта состоит в способности перевозить крупные партии товаров на большие расстояния по доступной цене за единицу груза. Именно морские перевозки обеспечивают экономически оправданную поставку товаров между странами и континентами. Типичным случаем применения морских судов в мультимодальных схемах становится доставка товаров в морские порты, откуда дальнейшая транспортировка продолжается железнодорожным либо автомобильным транспортом.

Водный транспорт внутренних рек также находит свое применение в мультимодальных системах доставки. Он эффективно используется для перевозки грузов внутри государства или на небольшие дистанции. Речной транспорт отличается дешевизной транспортировки, экологической чистотой и возможностью провозить большие объемы грузов. Обычно речной транспорт применяется для доставки массовых сырьевых ресурсов вроде зерна или нефти.

Воздушные перевозки привлекают своей максимальной скоростью доставки и удобством использования в мультимодальных цепочках, когда важно быстро переместить товар на большие расстояния. Воздушный транспорт востребован в ситуациях, когда важна срочность доставки или необходимо обеспечить быструю передачу груза в удаленные или труднодоступные зоны. К примеру, авиационный транспорт удобен для экстренной отправки медикаментов и других товаров, нуждающихся в быстрой транспортировке, и нередко входит в схему мультимодальных перевозок [3,4].

Процесс организации мультимодальных перевозок включает несколько важных этапов и шагов, которые необходимо учесть для успешной доставки груза от отправителя к получателю. Первым этапом при организации мультимодальных перевозок является планирование. На этом этапе необходимо определить оптимальные маршруты и виды транспорта, которые будут использоваться для доставки груза. При планировании нужно учесть различные факторы, такие как расстояние, объем груза, сроки доставки,

стоимость и специфические требования клиента. Примером может быть выбор железнодорожного транспорта для перевозки груза из Китая в Европу, с последующей транспортировкой на автомобиле до конечного пункта назначения [5].

Следующим значимым моментом выступает организация взаимодействия между всеми участниками процесса транспортировки. Необходимо наладить связь с транспортными компаниями и подрядчиками, организовать переоформление груза с одного типа транспорта на другой, синхронизировать расписание и согласовать условия доставки. Эффективная координация помогает избежать задержек и обеспечить бесперебойную транспортировку. Скажем, если мультимодальная перевозка проходит с участием железнодорожного и автомобильного транспорта, требуется заранее согласовать расписания обеих сторон, чтобы обеспечить своевременную подачу груза следующему участнику логистической цепи. Кроме того, для осуществления мультимодальных перевозок нужны специализированные документы. Сюда входят контракты с перевозчиками, декларации, таможенная документация, счета-фактуры, накладные и прочие бумаги, обязательные для легитимной и безопасной транспортировки груза. Иногда возникает потребность в страховке груза на каждом участке пути. Стоит учитывать, что отдельные государства и виды транспорта имеют собственные нормы относительно необходимого пакета документов. Если мультимодальная перевозка пересекает международные границы, понадобится оформление таможенной документации и подача соответствующих деклараций на каждом пограничном пункте [6].

Постоянный мониторинг состояния груза на каждом этапе транспортировки крайне важен для обеспечения надежной и безопасной доставки. Современные технологии слежения помогают отслеживать местонахождение груза, контролировать его сохранность и управлять процессом перевозки на всех этапах. Это позволяет своевременно реагировать на возможные отклонения от графика, возникающие трудности или изменения маршрута. Например, с помощью систем GPS можно определять расположение контейнеров на железнодорожных платформах или в фурах, обеспечивая тем самым своевременную доставку и при необходимости оперативно перенаправляя груз на альтернативный вид транспорта. Адаптируемость и гибкость мультимодальных перевозок выступают важнейшими преимуществами данной схемы. Возможность подбора наиболее эффективного вида транспорта для отдельных участков маршрута в зависимости от характеристик груза, пожеланий клиента, расстояний и иных факторов значительно улучшает эффективность процесса. Адаптивность позволяет обходить ограничения и устранять затруднения, возникающие на определенном типе транспорта. Например, если на автодорожном отрезке возникли препятствия или сбои, груз может быть временно переведен на железнодорожный или морской транспорт, минимизировав потери времени и гарантируя надежность доставки.

Значительная экономия также относится к числу основных плюсов мультимодальных перевозок. Оптимальное сочетание различных типов транспорта позволяет снижать общие транспортные расходы. Так, использование железнодорожных или морских перевозок вместо дорогостоящих авиарейсов способно привести к существенному сокращению тарифов. Помимо этого, мультимодальность способствует оптимизации загрузки подвижного состава, помогая операторам работать максимально продуктивно и эффективно.

Еще одно существенное преимущество мультимодальных перевозок заключается в их благоприятном воздействии на экологию. За счет комбинации различных способов транспортировки удается снизить негативные последствия для окружающей среды, вызванные перевозкой грузов. Например, замена автомобильных перевозок железнодорожными или морскими позволяет уменьшать выбросы CO<sub>2</sub> и прочих

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

загрязняющих веществ. Кроме того, рациональное распределение маршрутов и устранение перегрузок на дорогах способствуют дополнительной защите природы [7,8].

Таким образом, мультимодальные перевозки оказывают значительное влияние на международную торговлю и совершенствование логистических операций. Положительный опыт реализованных проектов и существующие перспективы демонстрируют важность данного подхода в обозримом будущем. Постоянное расширение инфраструктуры, внедрение новейших технологий и активное развитие мультимодальных направлений повысят производительность и надежность перевозок, открывая возможности для дальнейшего прогресса в сфере глобальных логистических сетей и международного обмена товарами.

### Библиографический список:

1. Попова, Е. А. Логистический сервис АО «РЖД Логистика» / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 302-305. – EDN WQDMWA.
2. Куныгина, Л. В. Методы оценки эффективности логистической системы транспортной организации / Л. В. Куныгина // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 146-150. – EDN KGXLTS.
3. Куныгина, Л. В. Развитие железных дорог на пространстве БРИКС: задачи сотрудничества / Л. В. Куныгина // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 142-146. – EDN LQWTLR.
4. Попова, Е. А. Современные условия рынка терминально-складской обработки груза / Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 305-307. – EDN VNIEWM.
5. Попова, Е. А. Динамика развития контейнерных перевозок / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 186-191. – EDN NKTBIP.
6. Попова, Е. А. Методические подходы к формированию макроэкономических эффектов в условиях ускоренного развития транспортного комплекса / Е. А. Попова // Корпоративное управление экономической и финансовой деятельностью на железнодорожном транспорте : Сборник трудов по результатам VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 13–14 декабря 2023 года. – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 169-171. – EDN EYARCW.
7. Куныгина, Л. В. Современные методы управления качеством сервиса в грузовых железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование,

- производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 279-283. – EDN BCZJGD.
8. Попова, Е. А. Современные условия рынка терминально-складской обработки груза / Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 305-307. – EDN VNIEWM.

УДК 656.025

**Мультимодальные перевозки в пассажирском сообщении**

Журавлева И.В.

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Мультимодальная перевозка в пассажирском сообщении, как подвид смешанного сообщения повышает транспортную доступность регионов, развивает их туристический потенциал, и является наиболее удобной и эффективной при организации путешествия пассажиров.

Ключевые слова: мультимодальная поездка, единый транспортный документ, транспортная доступность, комфортный маршрут, транспортная логистика, туристическое направление.

Multimodal transportation in passenger traffic, as a subspecies of mixed traffic, increases the transport accessibility of regions, develops their tourism potential, and is the most convenient and efficient way to organize passenger travel.

Keywords: multimodal trip, single transport document, transport accessibility, comfortable route, transport logistics, tourist destination.

Мультимодальная перевозка – это прямая смешанная перевозка пассажиров и багажа, которая предполагает использование двух или более видов транспорта, организуется одним оператором перевозок и осуществляется по единому транспортному документу.

Такой вид путешествия предусматривает заранее спланированный переход из начальной точки в конечную, где предусмотрены все промежуточные пересадочные этапы. Ранее подобные услуги предлагались главным образом для доставки грузов, однако сейчас пользуются популярностью и среди туристов.

Эта услуга представляет собой продуманную, удобную и безопасную форму путешествия между выбранными местами с оптимальной продолжительностью пересадок и привлекательной ценой. Единый билет охватывает весь маршрут, предполагая использование разных видов транспорта, таких как поезд + автобус или самолет + автобус. Документ обеспечивает пассажиру гарантированную перевозку по маршруту, удобный график поездок и минимальные интервалы ожидания между сменой транспорта, что упрощает путешествие, сокращает общее время перехода и облегчает перемещение туриста между городами и регионами [1,2].

Транспорт подбирается исходя из потребностей пассажиров. Возможна перевозка по системе от двери к двери. На каждом этапе обеспечиваются:

– сбалансированность мест;

- грамотный расчет графика с минимальными задержками и простоями;
- оформление единого сквозного документа;
- достойный уровень качества в соответствии с выбранным классом.

Организованные мультимодальные пассажирские перевозки предлагают удобный и выгодный способ перемещения из одного пункта в другой. Пассажирам не приходится заниматься самостоятельным планированием маршрута, приобретать отдельно билеты у разных операторов, беспокоиться о багаже и решать другие сопутствующие вопросы. Ключевое удобство мультимодальной поездки с единым билетом заключается в однократной оплате полного маршрута сразу при начале путешествия. После этого пассажир лишь предъявляет этот проездной документ, приобрести который можно множеством удобных способов: в кассах железнодорожного вокзала, авиакомпаниях и сервисах бронирования билетов, платежных терминалах, мобильных приложениях РЖД или в офисах транспортно-туристических агентств [3,4].

Перевозки по единому билету – это еще и безопасно. Также мультимодальными перевозками можно путешествовать к различным достопримечательностям нашей Родины. Такие перевозки можно отнести к туристическим маршрутам. Сеть туристических мультимодальных перевозок постоянно расширяется, ведь они направлены как на увеличение транспортной доступности туристических мест для путешественников со всей России и развитие внутреннего туризма, так и на развитие транспортной доступности регионов для их жителей [5,6].

Важная часть любого путешествия – продумать маршрут. Но иногда рассчитать время в пути сложно, особенно если добираться нужно с пересадками: с поезда на автобус или с самолета на электричку. Придется узнать, где находятся авто и железнодорожные вокзалы, аэропорты, учитывать расстояния и сверять расписания. Обойтись без утомительного планирования позволяют мультимодальные перевозки – готовые маршруты с пересадками по единому билету. Мультимодальные перевозки действуют на популярных туристических направлениях.

Транспорт – важная часть любого путешествия. Исключением является только тот случай, когда сразу несколько достопримечательностей расположились в шаговой доступности. Но такое везение – редкость. Как правило, приходится продумывать не только маршрут поездки, список интересных объектов и отелей, но и транспортную логистику. Особенно сложно бывает соединить несколько видов транспорта: учесть местоположение авто и железнодорожных вокзалов, аэропортов, расписание самолетов, поездов, автобусов, успеть купить билеты по выгодной цене. Возможность избежать всего этого уже есть: мультимодальные перевозки, которые действуют уже в нескольких популярных у туристов регионах. На данный момент времени подписаны и работают соглашения о сотрудничестве по развитию мультимодальных перевозок с 21 регионом нашей страны.

В рамках госпрограммы «Развитие транспортной системы» организовано 52 маршрута на территории 8 регионов России. С помощью мультимодальной перевозки можно поехать на горнолыжные курорты – в Приэльбрусье, Домбай, Архыз и Шерегеш. Кроме того, есть возможность добраться до побережья Балтийского моря Калининградской области, а также до Суздаля во Владимирской области, Кириллова и Белозерска в Вологодской области, городов Удмуртской Республики и Республики Дагестан [7,8].

По информации экспертов ОАО «РЖД», мультимодальные маршруты представляют собой поездки в конечную точку на нескольких видах транспорта по «единому» билету. Организатором автобусных перевозок является АНО «Единая транспортная дирекция». При покупке «единого» билета пассажиру оформляют билет на поезд и талон, предоставляющий право на проезд в автобусе. Рейсы «поезд – автобус»

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

состыкованы по времени прибытия и отправления. Билеты на поезд и автобус можно купить на сайте rzd.ru, в мобильном приложении «РЖД Пассажирам» или в кассах АО «ФПК». Для оформления на сайте необходимо ввести пункт отправления и конечный пункт прибытия, затем нажать кнопку – выбрать «маршрут с пересадкой» или убрать галочку «только прямые» маршруты.

### Библиографический список:

1. Попова, Е. А. Логистические аспекты прогнозирования пассажиропотоков дальнего следования / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 291-295. – EDN UJLMRY.
2. Буракова, А. В. Оптимизация параметров маршрутной сети городского наземного пассажирского транспорта / А. В. Буракова, С. В. Фенькова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 18-22. – EDN DAYZH2.
3. Попова, Е. А. Система динамического управления тарифами и стимулирования спроса / Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 295-298. – EDN ADSAZO.
4. Попова, Е. А. Маркетинговые мероприятия по повышению транспортной подвижности / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 299-302. – EDN XMBBVP.
5. Попова, Е. А. Методические подходы к формированию макроэкономических эффектов в условиях ускоренного развития транспортного комплекса / Е. А. Попова // Корпоративное управление экономической и финансовой деятельностью на железнодорожном транспорте : Сборник трудов по результатам VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 13–14 декабря 2023 года. – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 169-171. – EDN EYARCW.
6. Попова, Е. А. Логистический сервис АО «РЖД Логистика» / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 302-305. – EDN WQDMWA.
7. Перспективные конструкции горочных горловин / Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков, М. В. Четчуев, А. В. Буракова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2023. – № 2(78). – С. 42-50. – DOI 10.26731/1813-9108.2023.2(78).42-50. – EDN UIBFPS.
8. Буракова, А. В. Эффективность восстановления диспетчерских съездов на подходах к станциям / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 11-15. – EDN REHUKU.

УДК 656.025

**Обслуживание маломобильных пассажиров на вокзальном комплексе**

Журавлева И.В.

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Обеспечение доступности транспорта для всех категорий граждан – один из приоритетов социальной политики государства. Особенно важно, чтобы инфраструктура железнодорожного сообщения была удобной и безопасной для маломобильных групп населения.

Ключевые слова: маломобильные группы населения, вокзальный комплекс, комфортное и безопасное передвижение, ситуационная помощь, специализированные места.

Ensuring accessible transportation for all categories of citizens is a priority of the state's social policy. It is especially important that rail infrastructure be convenient and safe for people with disabilities.

Keywords: people with disabilities, station complex, comfortable and safe travel, situational assistance, specialized spaces.

Благодаря усилиям транспортных ведомств и ОАО «РЖД», на железнодорожном транспорте России активно внедряются решения, направленные на улучшение условий передвижения маломобильных групп населения (МГН).

Ключевую роль здесь выполняют Центры содействия мобильности (ЦСМ), функционирующие на крупных железнодорожных станциях. Под термином «маломобильные группы населения» подразумеваются не только лица с ограниченными возможностями здоровья, но и те, кому затруднительно передвигаться самостоятельно вследствие определенных обстоятельств: люди, использующие трости или костыли, находящиеся в кресле-каталике, временно ограниченные в активности (после хирургических вмешательств, переломов), страдающие нарушениями зрения или слуха, пожилые люди, а также семьи с маленькими детьми в колясках [1,2].

Центры содействия мобильности занимаются оказанием помощи таким гражданам на вокзалах и в поездах. Работа ЦСМ основана на предварительной заявке и предоставляется абсолютно безвозмездно. Специалисты центров сопровождают пассажиров от входа на вокзал до посадки в вагон, оказывают поддержку при прохождении вокзала, перемещении к залам ожидания, билетным кассам, камерам хранения вещей и посадочным платформам. Центр оказывает содействие при входе-выходе из вагонов, используя подъемники и пандусы, предоставляет кресла-коляски, помогает переносить багаж и ориентироваться на территории вокзального комплекса.

Современные вокзальные комплексы оборудованы в соответствии с требованиями доступности:

- пандусы, лифты, наклонные подъемники;
- тактильные полосы для слабовидящих;
- пониженные кассы и терминалы;
- санитарные комнаты, приспособленные под нужды МГН;
- световая и звуковая навигация;
- кнопки вызова персонала.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

На вокзалах с высоким пассажиропотоком работают дежурные сотрудники ЦСМ, а информация о доступных услугах размещена на специальных табличках.

Создание условий для комфортного и безопасного передвижения МГН – это не только соблюдение законов и стандартов, но и проявление уважения к правам человека. Путешествие должно быть доступным для всех, независимо от физических возможностей.

Работа Центра содействия мобильности позволяет людям с ограниченной подвижностью свободно планировать свои поездки, поскольку они получают квалифицированную помощь на всех этапах, начиная от приобретения билетов и заканчивая выходом из поезда и вокзала [3,4].

Оформление билетов на специализированные места для лиц с инвалидностью, пользующихся креслами-колясками, производится в билетных кассах при представлении паспорта и индивидуальной программы реабилитации (ИПР), содержащей пометку о необходимости или наличии технического средства реабилитации в виде кресла-коляски. Если в составе поезда отсутствуют специализированные вагоны для пассажиров на креслах-колясках, они могут быть включены дополнительно по специальной заявке, подаваемой через билетную кассу или Центр содействия мобильности РЖД.

В настоящее время ситуационная поддержка пассажиров с особыми потребностями доступна преимущественно на крупных железнодорожных вокзалах, полный список которых можно уточнить у сотрудников соответствующего центра.

Маломобильным пассажирам предоставляются следующие услуги:

- организация встречи маломобильного пассажира на территории вокзального комплекса;
- организация сопровождения пассажира от и до транспортного средства;
- сопровождение ко всем функциональным зонам вокзального комплекса;
- оказание помощи при получении предоставляемых на вокзале услуг;
- предоставление места на вокзале для временного пребывания пассажира на период ожидания транспортного средства;
- оказание услуг по перемещению багажа;
- оказание помощи при посадке (высадке) в поезда дальнего следования [5,6].

Компания «Российские железные дороги» предлагает комфортные условия проезда в поездах дальнего следования для пассажиров с ограниченными физическими возможностями. На российских железных дорогах курсирует 444 вагона со специальными купе, в которых предусмотрено все, чтобы облегчить путешествие людей, имеющих проблемы со здоровьем. Указанные вагоны оборудуются вспомогательными посадочными устройствами для посадки и высадки пассажиров в креслах-колясках: для посадки с низких платформ – автоматизированными подъемными устройствами, с высоких – рампами. Ширина дверных проемов, проходов и коридоров в зоне размещения пассажира из числа инвалидов обеспечивает возможность передвижения в кресле-коляске. Звуковая и зрительная информация в вагонах дублируется. Информационные таблички и знаки доступности выполнены с применением рельефно-точечного шрифта Брайля. Автоматизированная система связи позволяет вызвать проводника [7,8].

Компания «Российские железные дороги» создают комфортные условия путешествий для пассажиров с ограниченными возможностями на общественном железнодорожном транспорте. Компания систематически занимается подготовкой сотрудников, проводя инструктаж и обучение персонала правилам обслуживания маломобильных граждан.

Также ОАО «РЖД» принимает все необходимые меры для обустройства вокзалов, делая их доступными для маломобильных пассажиров. Многие из них уже

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

стали доступными для маломобильных пассажиров, где организована работа по оказанию помощи данной категории граждан.

### Библиографический список:

1. Попова, Е. А. Логистические аспекты прогнозирования пассажиропотоков дальнего следования / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 291-295. – EDN UJLMRY.
2. Куныгина, Л. В. Методы оценки эффективности логистической системы транспортной организации / Л. В. Куныгина // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 146-150. – EDN KGXLTS.
3. Куныгина, Л. В. Развитие железных дорог на пространстве БРИКС: задачи сотрудничества / Л. В. Куныгина // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 142-146. – EDN LQWTLR.
4. Попова, Е. А. Система динамического управления тарифами и стимулирования спроса / Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 295-298. – EDN ADSAZO.
5. Попова, Е. А. Маркетинговые мероприятия по повышению транспортной подвижности / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 299-302. – EDN XMBBVP.
6. Попова, Е. А. Методические подходы к формированию макроэкономических эффектов в условиях ускоренного развития транспортного комплекса / Е. А. Попова // Корпоративное управление экономической и финансовой деятельностью на железнодорожном транспорте : Сборник трудов по результатам VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 13–14 декабря 2023 года. – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 169-171. – EDN EYARCW.
7. Попова, Е. А. Анализ маршрутной скорости двухэтажных поездов / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 283-288. – EDN QDGNGH.
8. Куныгина, Л. В. Беспроводная интеллектуальная система освещения вокзального комплекса на основе светодиодных светильников / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 105-109. – EDN QRNNQB.

УДК 656.025

**Высокоскоростная магистраль, новая версия**

Журавлева И.В.

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

В статье рассматривается начало новой эпохи высокоскоростных магистралей для ОАО «РЖД», а именно, строительство новой ветки магистрали, и новых высокоскоростных составов в рамках реализации данного проекта.

Ключевые слова: высокоскоростная магистраль, скоростные поезда, пассажирское сообщение, технологическая независимость, новые перспективы.

This article examines the beginning of a new era of high-speed rail for Russian Railways, specifically the construction of a new line and new high-speed trains as part of this project.

Keywords: high-speed rail, high-speed trains, passenger service, technological independence, new prospects.

Весной 2024 года президент РФ Владимир Путин дал старт строительству новой высокоскоростной магистрали ВСМ Москва – Санкт-Петербург. Протяженность маршрута будет составлять почти 680 километров, он пройдет по территории шести регионов: Москвы и Санкт-Петербурга, Ленинградской, Новгородской, Тверской и Московской областей. Время в пути сократится почти в два раза и займет чуть больше двух часов.

Высокоскоростная магистраль ВСМ (новый проект), Москва – Санкт-Петербург станет первым элементом из 5 проектов высокоскоростных магистралей в России. Скоростные поезда в зависимости от расписания смогут делать 16 остановок (включая 2 технические остановки без посадки и высадки пассажиров). Новая магистраль позволит преодолеть расстояние между столицами за 2 часа 15 минут вместо сегодняшних 4 часов. Поезд проследует через Тверь и Великий Новгород, в целом маршрут ВСМ охватит регионы, в которых проживает 20% населения России. Ожидается, что в пиковые часы поезда будут ходить с интервалом 10-15 минут, во внепиковые примерно раз в 40 минут [1,2].

В строительстве высокоскоростной магистрали участвуют ведущие инженеры и строительные компании России. Большое внимание уделяют охране окружающей среды и соблюдению экологических норм. Внутри городских зон движение поездов будет осуществляться практически бесшумно. Планируемый запуск высокоскоростной магистрали Москва – Санкт-Петербург намечен на 2028 год.

Реализация проекта обеспечит качественный скачок в уровне комфорта и удобства пассажирских перевозок в России. Предпочтение отдается российским разработкам и технологиям, что укрепляет нашу технологическую независимость.

Этот проект окажет серьёзное положительное влияние на развитие отечественных отраслей промышленности, таких как машиностроение, строительная отрасль, телекоммуникации и цифровая техника. Несомненно, запуск ВСМ станет знаковым событием общегосударственного значения [3,4].

Прогнозный пассажиропоток ВСМ к 2030 году составит 23 млн. человек в год, или порядка 53% всего перспективного пассажиропотока между столицами. Стоимость проекта составляет 2,35 трлн. руб. Запуск, ВСМ запланирован в 2028 году. Первый участок магистрали, Москва – Тверь, уже строится, данный этап должен завершиться 2026-2027 годах.

На самой инфраструктуре ВСМ будут ходить только новые высокоскоростные составы. Как поясняли в ОАО РЖД, инфраструктура ВСМ не предполагает движения по ней поездов на низких скоростях: технически возможно, но этого не допустит плотность движения поездов ВСМ.

Для курсирования по первой высокоскоростной магистрали в России Москва – Санкт-Петербург, создается российский высокоскоростной поезд, который обрел свои концептуальные очертания. Данный поезд для высокоскоростных магистралей (ВСМ), над которым работают машиностроители, проектировщики, железнодорожники и подрядные организации, не только разработан, но уже и продемонстрирован правительству, властям регионов и будущим пассажирам. Новый поезд уже строят на предприятии ООО «Уральские локомотивы» в Верхней Пышме [5,6].

Это будет совершенно новый отечественный поезд, способный развивать скорость 400 км/ч, скорость в эксплуатации составит 360 км/ч. Поезд в базовом одноэтажном исполнении и восьмивагонной комплектации рассчитан на 454 места, в том числе для маломобильных пассажиров. В первом вагоне будут располагаться 15 мест первого класса, переговорная и 2 купе. В поезде предусмотрен один вагон бизнес-класса на 68 мест, четыре вагона комфорта-класса и два вагона класса стандарт. Предусмотрен вагон-бистро с баром. В одном из вагонов запроектирована детская игровая зона. Реализация проекта ВСМ создаст прямое транзитное сообщение и увеличит транспортную подвижность населения.

Создание высокоскоростной магистрали Москва – Санкт-Петербург является масштабным проектом, направленным на модернизацию транспортного комплекса России и повышение уровня комфорта пассажиров. Реализуемые технологии позволяют сократить время путешествия между столицами почти вдвое, увеличивая доступность регионов для жителей и туристов. Благодаря участию лучших инженерных кадров и строительных компаний, обеспечивается высокое качество исполнения работ и соблюдение всех экологических требований [7,8].

Запуск высокоскоростной железной дороги укрепит экономическое взаимодействие между регионами, привлечет инвестиции в инфраструктуру и промышленность, поддерживая национальную экономику. Использование исключительно отечественной техники подчёркивает стремление к обеспечению технологической независимости и созданию конкурентоспособных решений мирового уровня. Предсказанный значительный пассажиропоток свидетельствует о востребованности такого вида транспорта среди россиян и гостей страны. Комплексный подход к проекту обеспечивает высокий уровень надёжности и функциональности, превращая поездку в комфортабельное путешествие даже на высоких скоростях.

По мере реализации плана высокоскоростная магистраль не только улучшит логистику и транспортное сообщение, но и послужит примером успешного внедрения инновационных разработок в сферу железнодорожных перевозок. Проект ВСМ Москва – Санкт-Петербург становится важным этапом развития современного транспорта в России, формирующим основу устойчивого роста экономики и повышения качества жизни населения.

#### Библиографический список:

1. Попова, Е. А. Логистические аспекты прогнозирования пассажиропотоков дальнего следования / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 291-295. – EDN UJLMRY.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

2. Попова, Е. А. Логистический сервис АО «РЖД Логистика» / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 302-305. – EDN WQDMWA.

3. Попова, Е. А. Система динамического управления тарифами и стимулирования спроса / Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 295-298. – EDN ADSAZO.

4. Попова, Е. А. Маркетинговые мероприятия по повышению транспортной подвижности / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 299-302. – EDN XMBBVP.

5. Попова, Е. А. Методические подходы к формированию макроэкономических эффектов в условиях ускоренного развития транспортного комплекса / Е. А. Попова // Корпоративное управление экономической и финансовой деятельностью на железнодорожном транспорте : Сборник трудов по результатам VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 13–14 декабря 2023 года. – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 169-171. – EDN EYARCW.

6. Буракова, А. В. Оптимизация параметров маршрутной сети городского наземного пассажирского транспорта / А. В. Буракова, С. В. Фенькова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 18-22. – EDN DAYZH2.

7. Перспективные конструкции горочных горловин / Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков, М. В. Четчуев, А. В. Буракова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2023. – № 2(78). – С. 42-50. – DOI 10.26731/1813-9108.2023.2(78).42-50. – EDN UIBFPS.

8. Буракова, А. В. Эффективность восстановления диспетчерских съездов на подходах к станциям / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 11-15. – EDN REHUKU.

УДК 656.025

**Безбалластная технология постройки верхнего строения пути для ВСМ**

Журавлева И.В.

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

В статье рассматривается безбалластная технология постройки верхнего строения пути для ВСМ Москва – Санкт-Петербург, которая станет первой безбалластной высокоскоростной железной дорогой в России для русской колеи 1520 мм. Это полностью российская разработка, которая будет локализована на территории нашей страны.

**Ключевые слова:** высокоскоростная магистраль, высокотехнологичный завод, безбалластная плита, ключевой элемент, инфраструктура, инновационная конструкция.

This article examines a ballastless track superstructure construction technology for the Moscow–St. Petersburg high-speed railway, which will be the first ballastless high-speed railway in Russia for the 1520 mm gauge. This is a completely Russian development, which will be localized in our country.

**Keywords:** high-speed railway, high-tech plant, ballastless slab, key element, infrastructure, innovative design.

Строительство высокотехнологичного предприятия по изготовлению безбалластных плит для высокоскоростных магистралей стартовало в Великом Новгороде. Предприятие начнет выпускать опытную партию продукции весной следующего, 2026 года, а массовый выпуск планируется запустить в третьем квартале того же года. Мощности нового завода обеспечат до двух третей ежегодной потребности в плитах для строительства путепроводов и насыпей высокоскоростной линии Москва–Санкт-Петербург. Чтобы предотвратить повреждения, изделия получат специальное полимерное покрытие, придающее эластичность. Верхнее строение пути изготавливается согласно передовым промышленным стандартам третьего поколения "3+", предусматривающим полную цифровизацию производственного процесса. Это обеспечивает наивысшую степень автоматизации производства и постоянный контроль качества продукции.

Сами пути планируется выполнить безбалластными – рельсы уложат не на традиционную рельсошпальную решётку, а на жесткую бетонную конструкцию. Данная технология обеспечивает стабильность пути, уменьшает объем работ по их обслуживанию и повышает скорость движения поездов. На железных дорогах России безбалластные конструкции в путевом хозяйстве применялись и ранее, но в основном на мостах и эстакадах. ВСМ будет первой полностью безбалластной железной дорогой в стране. Это потребует разработки новых технологий в создании не только верхнего строения пути, но и стрелочных переводов, контактной сети, системы управления движением [1,2].

Предприятие будет поставлять до двух третей годовой потребности в плитах для эстакад и земляного полотна ВСМ Москва – Санкт-Петербург. Данные плиты представляют собой Инновационные плиты НГП 4.0 и являются ключевым элементом безбалластного пути для ВСМ. Особенностью плит станет «упругий слой» из полимерного материала, который наносится на нижнюю поверхность плиты для снижения жесткости и защиты элементов конструкции от повреждений, рисунок 1.

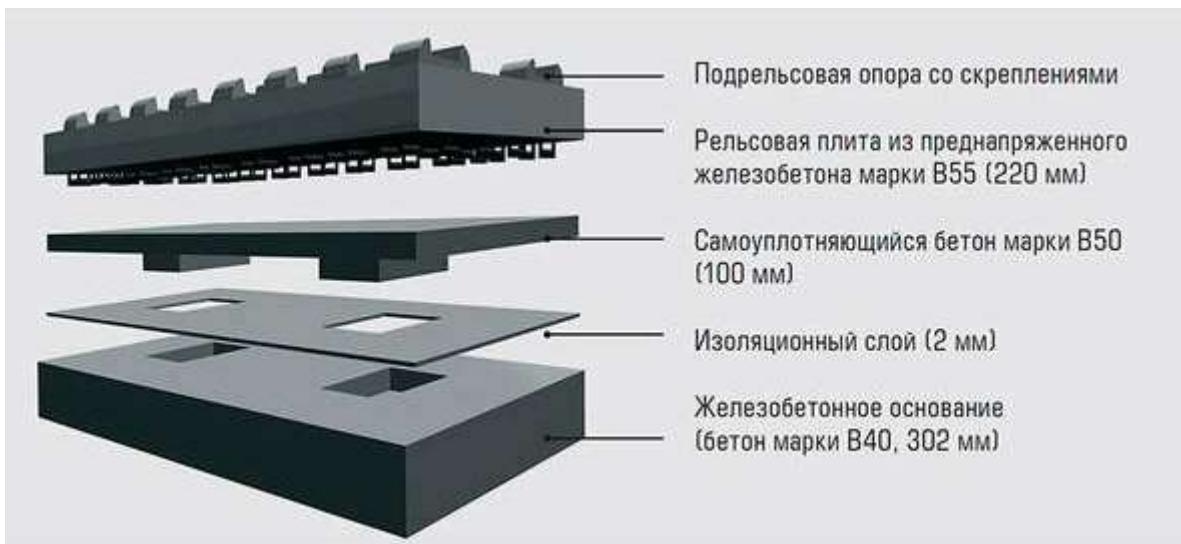


Рисунок 1 – Составные элементы безбалластного слоя для ВСМ

Конструкция безбалластного пути разработана Группой компаний «Нацпроектстрой» (ГК НПС) – крупнейшим российским строительным холдингом полного цикла, с учетом высоких требований к скоростному режиму и природных условий эксплуатации. ГК НПС объединяет ведущие предприятия и организации, специализирующиеся на развитии автодорожной, железнодорожной, портовой и энергетической инфраструктуры. Расчетный срок эксплуатации безбалластного пути достигает 50-60 лет, он также дешевле в эксплуатации – затраты в 3-4 раза ниже, чем у строения на балласте.

Отечественный вариант безбалластного железнодорожного пути разработан специально для эксплуатации в условиях повышенных скоростей и специфики природной среды России. Новое предприятие обеспечит до двух третей потребностей в специальных плитах для сооружения эстакад и насыпи высокоскоростной железнодорожной трассы Москва – Санкт-Петербург. Строительные работы начались в текущем году, а открытие движения запланировано на 2028-й. Общая протяжённость дороги составит 679 километров, максимальная разрешённая скорость поездов достигнет 400 км/ч. Реализация проекта осуществляется в рамках национального проекта «Эффективная транспортная система». Трасса Москва – Санкт-Петербург является начальным этапом формирования единой сети высокоскоростных дорог в России. Впоследствии предполагается создание еще четырех аналогичных линий в направлениях Екатеринбурга (через Нижний Новгород и Казань), Адлера, Рязани и Минска [3,4].

Инфраструктура, включая систему управления движением поездов и контактную сеть, будет создана исключительно российскими технологиями. Впервые в истории России появится высокоскоростная железная дорога без балласта, где весь путь покрыт жесткой железобетонной плитой с встроенным рельсами шириной колеи 1520 мм. Эта уникальная технология была разработана именно в России и предназначена для локализации внутри страны. Она найдет применение и в будущих проектах ВСМ. Около 70% трассы пройдет непосредственно по земле, остальные 30% составят мостовые и эстакадные участки общей протяженностью примерно 180 км. Участниками строительных работ станут бригады из разных регионов России. Важнейшей частью проекта являются специальные железобетонные балки длиной 32 метра и массой 700 тонн, производство которых пока отсутствует в отечественной практике. Из-за значительных габаритов и веса доставка таких конструкций обычным транспортом невозможна, поэтому вдоль будущей трассы организуют 10 специализированных

площадок для их изготовления. Эти площадки начнут работу уже в ближайшие месяцы [5,6].

Проект высокоскоростной магистрали ВСМ представляет собой радикальное изменение транспортного ландшафта России. Он вводит новый стандарт мобильности, способствует интеграции регионов и создает условия для устойчивого экономического роста. Первый этап реализации проекта формирует основу транспортной инфраструктуры, соединяя ключевые мегаполисы и стимулируя долгосрочное социально-экономическое развитие территорий. Благодаря строительству появляются перспективные рабочие места, формируются инновационные производственные связи, открываются широкие перспективы для предпринимательства и региональных инициатив [7,8].

В процессе задействованы многочисленные субъекты федерации, сотни компаний и тысячи профессионалов. Таким образом, реализация проекта выходит далеко за рамки простого обновления транспортных коммуникаций, обеспечивая рост технологического потенциала, укрепление промышленного сектора и обеспечение устойчивости экономики страны.

Библиографический список:

1. Попова, Е. А. Логистические аспекты прогнозирования пассажиропотоков дальнего следования / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 291-295. – EDN UJLMRY.
2. Попова, Е. А. Логистический сервис АО «РЖД Логистика» / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 302-305. – EDN WQDMWA.
3. Попова, Е. А. Система динамического управления тарифами и стимулирования спроса / Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 295-298. – EDN ADSAZO.
4. Попова, Е. А. Маркетинговые мероприятия по повышению транспортной подвижности / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 299-302. – EDN XMBBVP.
5. Попова, Е. А. Методические подходы к формированию макроэкономических эффектов в условиях ускоренного развития транспортного комплекса / Е. А. Попова // Корпоративное управление экономической и финансовой деятельностью на железнодорожном транспорте : Сборник трудов по результатам VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 13–14 декабря 2023 года. – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 169-171. – EDN EYARCW.
6. Буракова, А. В. Оптимизация параметров маршрутной сети городского наземного пассажирского транспорта / А. В. Буракова, С. В. Фенькова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России

- (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 18-22. – EDN DAYZH.
7. Перспективные конструкции горочных горловин / Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков, М. В. Четчуев, А. В. Буракова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2023. – № 2(78). – С. 42-50. – DOI 10.26731/1813-9108.2023.2(78).42-50. – EDN UIBFPS.
  8. Буракова, А. В. Эффективность восстановления диспетчерских съездов на подходах к станциям / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 11-15. – EDN REHUKU.

УДК 656.025

**Системы дистанционного видеонаблюдения – технология будущего в сфере передвижений вагонами вперед**  
Журавлева И.В.  
Филиал РГУПС в г. Воронеж

В статье рассматривается внедрение системы дистанционного видеонаблюдения СДВ на предприятиях железнодорожного транспорта. Решение обеспечивает контроль свободного пространства перед вагонами при движении вагонами вперед и предупреждает о возможных столкновениях с препятствиями, предотвращая травмы работников и инциденты. Тестирование подтвердило способность системы функционировать в производственных условиях, позволяя обеспечить безопасный режим работы круглосуточно. В перспективе планируется интеграция СДВ в комплексную систему дистанционного управления движением поездов, что выведет машиниста-оператора из опасных зон и дополнительно повысит надежность транспортных процессов.

Ключевые слова: система дистанционного видеоконтроля, движение вагонами вперед, безопасные маневровые передвижения, экран монитора, маршрут следования.

This article discusses the implementation of a remote video monitoring system (SDV) at railway transport companies. The solution monitors the free space in front of cars during forward movement and warns of potential collisions with obstacles, preventing employee injuries and incidents. Testing confirmed the system's ability to function in industrial conditions, ensuring safe operation around the clock. Future plans include integrating the SDV into a comprehensive remote train control system, removing the driver from hazardous areas and further enhancing the reliability of transportation processes.

Keywords: remote video monitoring system, forward movement of cars, safe shunting operations, monitor screen, route.

Компания «ТМХ Интеллектуальные Системы» («ТМХ ИС») успешно выполнила крупный проект по установке системы удалённого видеонаблюдения (СДВ) на железнодорожные составы компании ТОО «Богатырь Комир», ведущего производителя угля в Казахстане. Всего было оборудовано 15 составов, что значительно снизило опасность при перемещении вагонов в направлении головной части состава. Система

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

даёт машинисту возможность видеть дорожную обстановку и своевременно предупреждать о приближающихся препродах.

В период осуществления маневровых операций часто возникает потребность выполнять движение маневрового состава вагонами вперед, как по основным, так и по второстепенным железнодорожным путям. При таком порядке работы руководитель работ и сопровождающий сотрудник вынуждены стоять на передней площадке вагона либо идти рядом с путём, подвергаясь повышенному риску повреждений.

Перемещения вагонами вперед характерны высоким уровнем опасности для обслуживающего персонала, особенно для главного кондуктора, который располагается на противоположной стороне относительно локомотива. Ночью велика вероятность, что сопровождающий не заметит объект на маршруте или неверно оценит расстояние до него. Дополнительно существует угроза ошибочной интерпретации сигнала машинистом вследствие помех радиоэфира, неразборчивой речи или слабого качества связи. На промышленных железнодорожных линиях риск повышается ещё сильнее из-за возможного внезапного возникновения препятствий, нарушений габаритов и плохой видимости, обусловленной условиями местности [1].

Благодаря внедрению системы СДВ компания «ТМХ ИС» смогла устранить указанные угрозы, обеспечив дополнительную защиту работникам и повысив безопасность выполнения операций.

При движении маневровых составов в карьерах и подземных выработках, когда осуществляется вагонами вперед, а составитель отсутствует, возникают серьезные риски: возможны аварии с участием автотранспорта, повреждение стрелочных переводов и нанесение увечий людям. Это связано с тем, что машинист ограничен в оценке дорожной ситуации впереди состава и вынужден ориентироваться лишь на ограниченную зону видимости.

Чтобы минимизировать подобные риски, важно исключить присутствие человека в зоне повышенной опасности и оснастить машиниста техническими средствами, позволяющими эффективно наблюдать за обстановкой перед вагонами, расширяя область обзора, особенно в темное время суток и на плохо освещённых участках.

Решая именно такую задачу, специалисты компании «ТМХ ИС» разработали систему дистанционного видеонаблюдения (СДВ). Ее ключевым компонентом выступает мобильный блок видеоконтроля (МБВ), устанавливаемый на последний вагон состава. Блок мгновенно закрепляется на стандартной сцепке СА-3 и снабжен компактным корпусом оригинальной конструкции, обеспечивающей быструю установку без дополнительного инструмента.

Монитор в кабине машиниста отображает четкую картинку, передаваемую мобильной видеокамерой, оснащенной подсветкой в инфракрасном спектре, что гарантирует качественную съёмку даже ночью. Машинист получает наглядную картину происходящего впереди состава, легко определяя расстояния до препятствий благодаря виртуальной сетке расстояний на экране. Камера охватывает значительную площадь пути независимо от профиля и направления движения, обеспечивая контролируемую зону длиной минимум 100 м. Удобный угол обзора упрощает восприятие ситуации и повышает безопасность в процессе эксплуатации [1].

Испытания показали отличную работоспособность системы на крутых склонах с уклоном до 40 % и поворотах с минимальным радиусом 50 м. Аккумулятор мобильного блока видеоконтроля способен поддерживать бесперебойную работу устройства не меньше 12 часов даже при экстремальных температурах до минус 40 градусов Цельсия. Замена батареи осуществляется без специальных инструментов.

Функционирование системы не ограничено длиной состава, так как передача данных от локомотива к мобильному блоку осуществляется посредством сетей LTE,

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

промышленного Wi-Fi или альтернативных каналов связи, соответствующих условиям объекта. Для интеграции СДВ не требуется установка дополнительного оборудования на инфраструктуру.



Рисунок 1 – Усовершенствованный мобильный блок на автосцепке хвостового вагона



Рисунок 2 – Моноблочный компьютер с выведенной на экран сеткой расстояний

Связь между локомотивным модулем и мобильным блоком организована через заранее заданные идентификационные коды, заложенные производителем. Продукция «ТМХ ИС» поставляется с учётом индивидуальных запросов клиента, предлагая возможность выбора типа радиосвязи, подключения внешнего питания и вариантов защиты устройств при проведении погрузочно-разгрузочных работ. Устройство соответствует стандартам вибростойкости и ударопрочности категории M26 согласно ГОСТ 30631–99.

Сейчас активно эксплуатируются 15 комплексов системы дистанционного видеонаблюдения (СДВ), установленных на всех вскрышных составах компании «Богатырь Комир», оснащённых тягачами серии ОПЭ-1. С начала эксплуатации в сентябре 2022 года на предприятии не произошло ни одного случая травмирования сотрудников или третьих лиц, а также иных дорожно-транспортных происшествий при движении составов вагонами вперёд. Использование СДВ помогло избежать два инцидента столкновения с крупными булыжниками, потенциально способные вызвать сход вагонов и повредить инфраструктуру.

Применение данной системы наблюдения и передачи видеоинформации значительно упростило соблюдение требований техники безопасности работниками, находящимся возле путей и непосредственно на них. Среди машинистов система получила признание как удобное, надёжное и высокоэффективное устройство, облегчающее работу, особенно в сложных ситуациях с низкой видимостью [2,3].

В России, на станции Кинель Куйбышевской железной дороги, проводились испытания системы дистанционного видеоконтроля (СДВ). Они подтвердили способность системы отслеживать занятость путей и положение стрелочных переводов вдоль маршрута движения состава вагонами вперёд, а также гарантировать стабильную передачу данных. Во время тестов использовался маневровый тепловоз серии ТЭМ18ДМ

и состав из 71 вагона. Система позволяет проводить маневровые операции с поездом, идущим вагонами вперёд, без присутствия составителя поездов, который ранее был обязан следить за движением, стоя на специальной платформе головного вагона.

Инициатива по внедрению системы дистанционного видеоконтроля (СДВ), направленная на повышение производительности и безопасности маневровых операций на железнодорожных станциях, запущена Куйбышевской железной дорогой совместно с компанией «ТМХ Интеллектуальные системы» начиная с июля 2022 года. Эта система совместима с технологиями машинного зрения и автоматического вождения на железнодорожном транспорте. Комплектация СДВ включает два модуля: локомотивный блок-монитор, расположенный в кабине управления тепловоза, и мобильный модуль с камерой и модемом, установленный на автосцепочном устройстве последнего вагона, который фактически оказывается впереди состава. Процесс монтажа обоих модулей занимает минимальное количество времени. Передача видеосигнала с камеры мобильного блока на дисплей в кабине тепловоза позволяет машинисту непрерывно наблюдать за ситуацией впереди состава, несмотря на своё физическое нахождение в хвосте поезда, рисунок 3 [4,5].



Рисунок 3 – Подвагонный электронный блок

Выбор площадки для испытаний пал на железнодорожную станцию Кинель, так как она является одной из крупнейших станций переработки маршрутов, здесь круглосуточно обрабатывается свыше 10 тысяч вагонов, а суточный объем маневровых операций достигает приблизительно 30 тысяч.

Новая система функционирует аналогично автомобильному парктронику: камера с высоким разрешением, расположенная на специальном модуле, обеспечивает машинисту панорамный обзор путей на дистанции не менее 100 метров и выводит онлайн-картинку на монитор. Даже в ночное время и при неблагоприятных погодных условиях система сохраняет высокую четкость изображения, давая машинисту полную визуальную картину ситуации впереди состава: свободные ли пути перед последним вагоном, правильно ли установлены габариты, открыты ли стрелочные переводы, исправны ли сигналы светофоров, насколько близко расположены объекты и прочее. Помимо оперативного отображения данных, система ведет запись видео длительностью до пяти суток.

Особенность расположения камеры и модема на подвижном блоке позволяет передавать сигнал в реальном времени прямо в кабину машиниста, помогая ему полностью контролировать процесс подачи вагонов на подъездные пути, двигаясь задним ходом, особенно в условиях ограниченной видимости и непогоды. Сегодня же составителю поездов приходится лично сопровождать маневры, занимая специальную площадку на вагоне, что создает угрозу его здоровью и жизни. После оснащения состава

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

системой дистанционного видеоконтроля такая необходимость исчезнет, что сделает работу безопаснее. Разработчики продолжают совершенствовать систему, основываясь на опыте проведенных испытаний [6].

Специалисты «ТМХ Интеллектуальные Системы» видят систему дистанционного видеоконтроля не просто как технический продукт, а как важную составляющую социальной ответственности, направленную на сохранение жизней и здоровья сотрудников железнодорожного транспорта и промышленного сектора.

Эта система интегрирована в состав подсистемы обнаружения препятствий (СОП), которая, в свою очередь, является частью комплексной системы безопасного дистанционного управления (БСДУ), созданной специалистами «ТМХ ИС» и установленной на ведущем российском металлургическом комбинате. Безопасная дистанционная система управления позволяет оператору-машинисту руководить процессом из диспетчерского пункта, используя переносной пульт. В текущих планах компании – развертывание стационарного пульта в диспетчерском пункте, что окончательно устранит потенциальную опасность для машиниста.

### Библиографический список:

1. <https://rucont.ru/efd/901509/> Журнал ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ МИРА №4 за 2025 год – онлайн-версия Агентство подписки "Деловая пресса"
2. Попова, Е. А. Развитие цифровых технологий в области логистики на железнодорожном транспорте / Е. А. Попова, И. В. Журавлева // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 152-156. – EDN ZHEABG.
3. Попова, Е. А. Маркетинговые мероприятия по повышению транспортной подвижности / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 299-302. – EDN XMBBVP.
4. Попова, Е. А. Внедрение цифровых технологий в грузовой работе / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 191-195. – EDN VPGKOR.
5. Попова, Е. А. Методические подходы к формированию макроэкономических эффектов в условиях ускоренного развития транспортного комплекса / Е. А. Попова // Корпоративное управление экономической и финансовой деятельностью на железнодорожном транспорте : Сборник трудов по результатам VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 13–14 декабря 2023 года. – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 169-171. – EDN EYARCW.
6. Попова, Е. А. Цифровизация грузовых перевозок / Е. А. Попова, И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 210-213. – EDN GIVEQO.

УДК 621.311.42

**Реконструкция трансформаторных подстанций линий  
ДПР-27,5 кВ и АБ-6кВ**

Казначеев А.Л., Климентов Н.И.  
*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы реконструкции трансформаторных подстанций линий два провода рельс 27,5 кВ и автоблокировки 6 кВ, выбрано необходимое оборудование, выполнен расчет заземляющего устройства.

*Ключевые слова:* реконструкция, трансформаторные подстанции, выбор оборудования, заземляющее устройство.

На этапе строительства новых подстанций и реконструкции имеющихся, с заменой электрооборудования, основным разделом во время проектирования является выбор оборудования.

Новое оборудование должно повышать технические показатели работы, сокращать расходы на техобслуживание и ремонт, соответствовать технологическим параметрам для удобства монтажа, обслуживания и эксплуатации, поэтому важность данного раздела не оставляет сомнений и требует тщательного выбора оборудования и его поставщика.

При проектировании необходимо учесть следующие требования:

- предусмотреть замену комплектной трансформаторной подстанции (КТП) линии два провода-рельс (ДПР)-27,5 кВ проектной мощности, с установкой опоры с разъединителем;
- КТП ДПР-27,5 кВ установить с западной стороны от существующей КТП ДПР-27,5 кВ;
- предусмотреть переключение существующих нагрузок на новую КТП ДПР-27,5 кВ;
- выполнить вводы высокого напряжения в КТП ДПР-27,5 кВ воздушным способом, вводы низкого напряжения - кабелем;
- выполнить питание собственных нужд вновь вводимого поста ЭЦ-ТМ от КТП ДПР- 27,5 кВ;
- выполнить установку КТП АБ-6 кВ, проектной мощности, с западной стороны от существующей анкерной опоры №49;
- применить бронированные кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена;
- питание КТП АБ-6 кВ предусмотреть от линии 6 кВ.

Заявленная расчетная мощность энергоприемников:

- Панель питания ПВРМ-9000Т-9 кВт;
- ЭЦ-ТМ УВЗФ1 - 13 кВт;
- ЭЦ-ТМ УВЗФ2 – 20,5 кВт;
- Категория надежности: I;
- Класс напряжения сетей: 0,4 кВ

Для электроснабжения предусматривается монтаж мачтовой КТП наружной установки 27,5/0,4 кВ, мощностью 100 кВА и мачтовой КТП наружной установки 6/0,4 кВ мощностью 63 кВА.

Предусматривается заменить имеющуюся КТП-53 ДПР-27,5 кВ на новую, мощностью 100 кВА с использованием трансформатора ТМЖ.

КТП устанавливается на железобетонные сваи СН 45-29 согласно типовому проекту ТМП 32-4717/405 «Установка и подключение комплектных трансформаторных подстанций к линиям продольного электроснабжения 25 кВ».

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Подключение КТП-53 ДПР предусматривается выполнить проводом АС-50/8,0 с использованием железобетонной стойки С1,85/10,1 с разъединителем РДЗ-35/1000 УХЛ1, от существующей трёхфазной линии непягового электроснабжения напряжением 27,5 кВ для питания поста ЭЦ-ТМ.

Заземление предусматривается выполнить в соответствии с ЦЭ-191 «Инструкция по заземлению устройств электроснабжения на электрифицированных железных дорогах». Проектной документацией предусматривается выполнение выравнивающего контура заземления и выносного контура заземления.

Заземлители предусмотрены из стального углового проката 50x50x5 мм и, соединяющего их, горизонтального заземлителя из стальной полосы 40x4. Вертикальные заземлители погружаются методом вибрирования или забивкой. Соединение горизонтальных и вертикальных частей заземлителя производится сваркой внахлест. Длина нахлестки должна быть не менее шести диаметров заземлителя. Для защиты от коррозии сварные швы должны быть покрыты битумным лаком. Присоединение заземляющего проводника к опоре производится болтовым соединением.

Присоединение заземления разъединителя выполняется на рельсовую сеть при помощи узла крепления заземления УКЗ-1-3 двумя проводами ПБСМ-70.

Подключение фазы С, (рабочее и защитное заземление), осуществляется путем присоединения двух стальных проводников диаметром 12мм, к средней точке дроссель-трансформатора.

Заземляющие устройства предназначены для заземления нулевого проводника, защиты от атмосферных перенапряжений.

КТП АБ-6 кВ предусматривается заменить на новую - МТП-2010-63, мощностью 63 кВА с использованием трансформатора ТМГ и установкой на железобетонные стойки СВ105 согласно типовому проекту ТМП 32-4863/339 «Установка и подключение комплектных трансформаторных подстанций мощностью до 630 кВА к линиям электропередачи напряжением 6-10 кВ».

Подключение МТП АБ предусматривается выполнить проводом СИП 3 1x35 от существующей линии 6 кВ с установкой опоры с разъединителем РЛНД 1-10.IV/400 УХЛ1 монтируемом на железобетонной стойке СВ105.

Заземление предусматривается выполнить в соответствии с ТМП 32-4863/339.

Заземлители предусмотрены из стального углового проката 50x50x5 мм и соединяющего их горизонтального заземлителя из стальной полосы 40x4. Предусматривается выполнить два контура из горизонтального заземлителя отдельных для опоры с разъединителем и стойки МТП, замкнутых между собой. Вертикальные заземлители погружаются методом вибрирования или забивкой. Соединение горизонтальных и вертикальных заземлительных частей производится сваркой внахлест. Длина нахлестки должна быть не менее шести диаметров заземлителя. Для защиты от коррозии сварные швы необходимо покрыть битумным лаком. Присоединение заземляющего проводника к опоре выполнить болтовым соединением.

Присоединение заземления разъединителя и стойки МТП АБ с выравнивающим контуром заземления выполняется из круглой оцинкованной стали диаметром d=18 мм.

Заземление КТП необходимо для обеспечения безопасной и надежной работы электроустановки. Его основными задачами являются:

- Защита людей от поражения электрическим током - при повреждении изоляции или пробое на корпус ток уходит в землю, а не через человека.
- Защита оборудования - предотвращает повреждение трансформаторов, распределительных устройств и кабельных линий при коротких замыканиях или грозовых перенапряжениях.

- Обеспечение устойчивой работы электроустановки - заземление стабилизирует потенциалы в системе, что необходимо для корректной работы защитных устройств и автоматики.

- Отведение токов разряда молнии и статического электричества - молниезащита подстанции требует надежного заземляющего устройства для безопасного рассеивания энергии в грунт.

Таким образом, заземление в КТП — это неотъемлемый элемент системы электробезопасности, гарантирующий защиту персонала, оборудования и бесперебойную работу всей подстанции.

Для определения нормирующего расчетного заземления необходимо воспользоваться данными о удельном сопротивлении грунта.

Сопротивление растекания тока одного вертикального заземлителя (стержня) определяется по формуле (1)

$$R_0 = \frac{\rho_{\text{экв}}}{2\pi \cdot L} \left( \ln \left( \frac{2L}{d} \right) + 0,5 \ln \left( \frac{4T+L}{4T-L} \right) \right), \quad (1)$$

где  $\rho_{\text{экв}}$  - эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$L$  – длина стержня, м;

$d$  – диаметр стержня, м. Для равнополочного уголка  $d=0,95 h$ , где  $h$  – величина полки;

$T$  – расстояние от поверхности земли до середины стержня, м.

Принимаем для расчета вертикальный заземлитель из стального равнополочного уголка, размером 50x50x5 мм, длиной  $L=17$  м, погружаемый на глубину 0,7 м. Вертикальные заземлители располагаются по контуру вокруг КТП. Горизонтальный заземлитель принимаем из стальной полосы сечением 40x4 мм.

Расстояние от поверхности земли до середины стержня  $T$ , м, можно найти по формуле (2):

$$T = \frac{L}{2} + t_r, \quad (2)$$

где  $t_r$  – заглубление вертикального заземлителя, м.

$$T = \frac{3}{2} + 0,7 = 9,2 \text{ м.}$$

В случае установки заземляющего устройства в неоднородный грунт (двухслойный), эквивалентное удельное сопротивление грунта находится по формуле (3)

$$\rho_{\text{экв}} = \frac{\Psi_b \cdot \rho_1 \cdot p_2 \cdot L}{(\rho_1(L-H+t_r) + \rho_2(H-t_r))}, \quad (3)$$

где  $\Psi_b$  – сезонный климатический коэффициент;

$\rho_1, \rho_2$  – удельное сопротивления верхнего и нижнего слоя грунта соответственно, Ом·м;

$H$  – толщина верхнего слоя грунта, м.

Согласно 7250-1-ИГИ возле места установки проектируемой КТП располагается скважина №51. Обнаруженные грунты: суглинок тяжелый пылеватый твердый с примесью органического вещества  $\rho_1 = 100$  Ом·м, и гравийный грунт маловлажный с супесчаным твердым заполнителем до 45 %,  $\rho_2 = 300$  Ом·м, тогда имеем

$$\rho_{\text{экв}} = \frac{1,9 \cdot 100 \cdot 300 \cdot 3}{(100(3-0,8+0,7)+300(0,8-0,7))} = 563,372 \text{ Ом·м.}$$

Вычисляем  $R_0$  по формуле (1)

$$R_0 = \frac{563,372}{2\pi \cdot 17} \left( \ln \left( \frac{2 \cdot 17}{0,95 \cdot 0,05} \right) + 0,5 \ln \left( \frac{4 \cdot 2,2 + 17}{4 \cdot 2,2 - 17} \right) \right) = 37,3 \text{ Ом.}$$

Количество стержней заземления без учета сопротивления горизонтального заземления, шт., находится по формуле (4)

$$n_0 = \frac{R_0 \cdot \Psi_B}{R_H}, \quad (4)$$

где  $R_H$  – нормируемое сопротивление растеканию тока заземляющего устройства, (ПУЭ 7 изд., для сетей 0,4 кВ, с изолированной нейтралью п. 1.7.101) не более 4 Ом.

$$n_0 = \frac{51,92 \cdot 1,9}{4} = 17,7 \text{ шт.}$$

Сопротивление растекания тока для горизонтального заземлителя  $R_g$ , Ом:

$$R_g = \frac{\rho_1}{2\pi L_g} \ln \left( \frac{2L_g^2}{b \cdot t_g} \right), \quad (5)$$

где  $L_g$ ,  $b$  – длина и ширина заземлителя, м;

$$R_g = \frac{100}{2\pi \cdot 21,8} \ln \left( \frac{2 \cdot 21,8^2}{0,04 \cdot 0,7} \right) = 7,73 \text{ Ом.}$$

Определим сопротивление вертикального заземлителя с учетом сопротивления растеканию тока горизонтальных заземлителей  $R_B$ , Ом:

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{R_g \cdot R_H}{R_g - R_H}, \\ R_B &= \frac{7,73 \cdot 4}{7,73 - 4} = 8,28 \text{ Ом.} \end{aligned} \quad (6)$$

Полное количество вертикальных заземлителей  $n$ , шт., определяется по формуле (7)

$$n = \frac{R_0}{R_B \cdot \eta_B}, \quad (7)$$

где  $\eta_B$  – коэффициент спроса вертикальных заземлителей

$$n = \frac{37,3}{8,28 \cdot 0,58} = 7,76 \text{ шт.}$$

По результатам расчета принимаем 8 вертикальных заземлителей.

От проектируемых КТП-53 ДПР, МТП-АБ, прокладываются кабели АПвББШв 4х4, АПвББШв 4х10, АПвББШв 4х16 до панели питания ПВРМ-9000Т и панелей питания УВЗФ1, УВЗФ2, соответственно.

Существующие потребители переключаются на проектируемые КТП.

Прокладка кабеля открытым предусматривается открытым способом в траншее на глубине 0,75 м от поверхности земли. Кабель укладывается в «постель» из песка толщиной 0,34 м. Защиту кабеля в траншее выполнить с помощью сигнальной ленты

ЛСЭ-150. В местах прохода кабеля по территории проектируемого асфальтобетонного покрытия, кабель прокладывается в жесткой трубе ПНД.

Для контроля и учета электроэнергии документацией предусматривается установка 3-х фазных счетчиков на вводе реконструируемых КТП на стороне 0,4 кВ и на отходящих линиях типа ПСЧ-4ТМ.05МК. На стороне НН реконструируемых трансформаторных подстанций установить модем teleofis rx-608 с GSM антенной не менее 5 дБ, обеспечить передачу данных с проектируемых приборов учета в систему АИС КУЭ ОАО «РЖД».

УДК 621.316.3

### Проектирование системы электроснабжения общественного здания

Казначеев А.Л., Климентов Н.И.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы проектирования системы электроснабжения общественного здания в соответствии с требованиями нормативной документации, выделены группы приемников I и II категории надежности электроснабжения, представлена схема и приведен пример расчета и выбора оборудования.

**Ключевые слова:** здание, система электроснабжения, распределительный щит, схема, оборудование, расчет, выбор.

- Система электроснабжения от трансформаторной подстанции (ТП) до вводно-распределительного устройства (ВРУ) – четырёхпроводная, напряжением 380/220В с глухозаземленной нейтралью трансформаторов с разделением проводника PEN на PE и N в ВРУ (TN-C-S).

- Питание устройств противопожарной защиты и аварийного освещения осуществляется от панели противопожарных устройств НКУ (низковольтное комплектное устройство) с автоматическим вводом резерва (АВР) для систем противопожарной защиты (СПЗ), подключаемой после вводных аппаратов управления до основных аппаратов защиты. Дверь панели НКУ СПЗ выполняется красного цвета.

- Электроснабжение электроприемников проектируемого объекта предусмотрено по II категории, с выделением части электропотребителей по I категории надежности электроснабжения.

Для распределения электроэнергии по объекту предусматривают вводно-распределительное устройство. Электроснабжение ВРУ в нормальном режиме осуществляется по двум взаимно резервируемым вводам от ТП. На каждом вводе ВРУ устанавливаются соединенные между собой выключатели нагрузки на два направления (схема «крест»). Для обеспечения требуемой категории надежности электроснабжения, питание объекта осуществляется одновременно по двум вводам.

- В составе ВРУ предусматривается установка вводных панелей, распределительных панелей II категории, панели питания I категории, самостоятельного низковольтного комплектного устройства системы противопожарной защиты.

- Категория надежности электроснабжения определяется согласно СП256. 1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. Свод правил» (с Изменениями №1-5).

- К электроприемникам I категории надёжности электроснабжения проектом отнесены следующие системы:

- пожарно-охранная сигнализацию; системы оповещения о пожаре;

- системы противодымной защиты;
  - система видеонаблюдения;
  - указатели пожарных гидрантов и номера здания;
  - система контроля доступа;
  - информационная система «Проход и питание»;
  - аварийное (эвакуационное и резервное) освещение;
  - электроснабжение цепей управления защиты от замораживания приточных систем вентиляции;
  - система управления эвакуацией;
  - система городской радиотрансляционной связи и оповещения о чрезвычайной ситуации;
  - система переговорной связи в зоне безопасности;
  - система пожаротушения;
  - серверную(ые).
- Все остальные электроприемники отнесены ко второй категории надежности электроснабжения.

- На каждом этаже здания предусматривается установка силовых распределительных щитов для питания розеточных бытовых и розеточных групп силового оборудования, щиты рабочего и аварийного освещения.

- Распределительные, групповые и осветительные сети выбираются по длительно допустимой токовой нагрузке, по потере напряжения и по величине тока срабатывания защиты при коротких замыканиях.

- Этажные щиты расположены в специальных нишах, закрываемых дверями с огнестойкостью не менее EI30.

Выбор аппаратов защиты и кабелей питания этажных щитов и щитовых групп

- Для осуществления питания этажных потребителей необходимо произвести выбор расположения распределительных щитов на этаже. Выбор осуществляется согласно «Правилам Устройства Электроустановок», 7-е издание и Сводам правил.

- Для осуществления подключения потребителей и определения наполнения щита автоматами защиты необходимо собрать исходные данные по мощности нагрузки потребителей, их характеристики и удаленности потребителя от расположения распределительного щита.

- Выбор сечения кабеля выполняется для обеспечения надёжной, безопасной и экономичной работы электрической сети. Правильно выбранное сечение обеспечивает допустимый нагрев проводников, минимальные потери энергии и корректную работу защитных устройств при нормальных и аварийных режимах.

- При выборе сечения кабелей руководствуются следующими документами:

1. ПУЭ (Правила устройства электроустановок), изд. 7, раздел 1.3 – «Выбор сечений проводников по нагреву, условиям прокладки и защите».

2. ГОСТ Р 50571.5.52–2011 (МЭК 60364-5-52:2009) – «Электроустановки зданий. Выбор и монтаж электрооборудования. Электрические проводники».

3. СП 256.1325800.2016 – «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа».

4. ГОСТ 31996–2012 – «Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на напряжение 1–35 кВ».

- Выбор сечения силовых кабелей осуществляется с помощью расчета по длительно допустимому току.

- Сечение выбирается так, чтобы фактический рабочий ток не превышал допустимого длительного тока для выбранного типа и способа прокладки кабеля, то есть

$$I_{\text{раб}} \leq I_{\text{доп}}$$

Рассмотрим расчет на примере однолинейной схемы распределительного щита розеточной сети (рисунок 1).

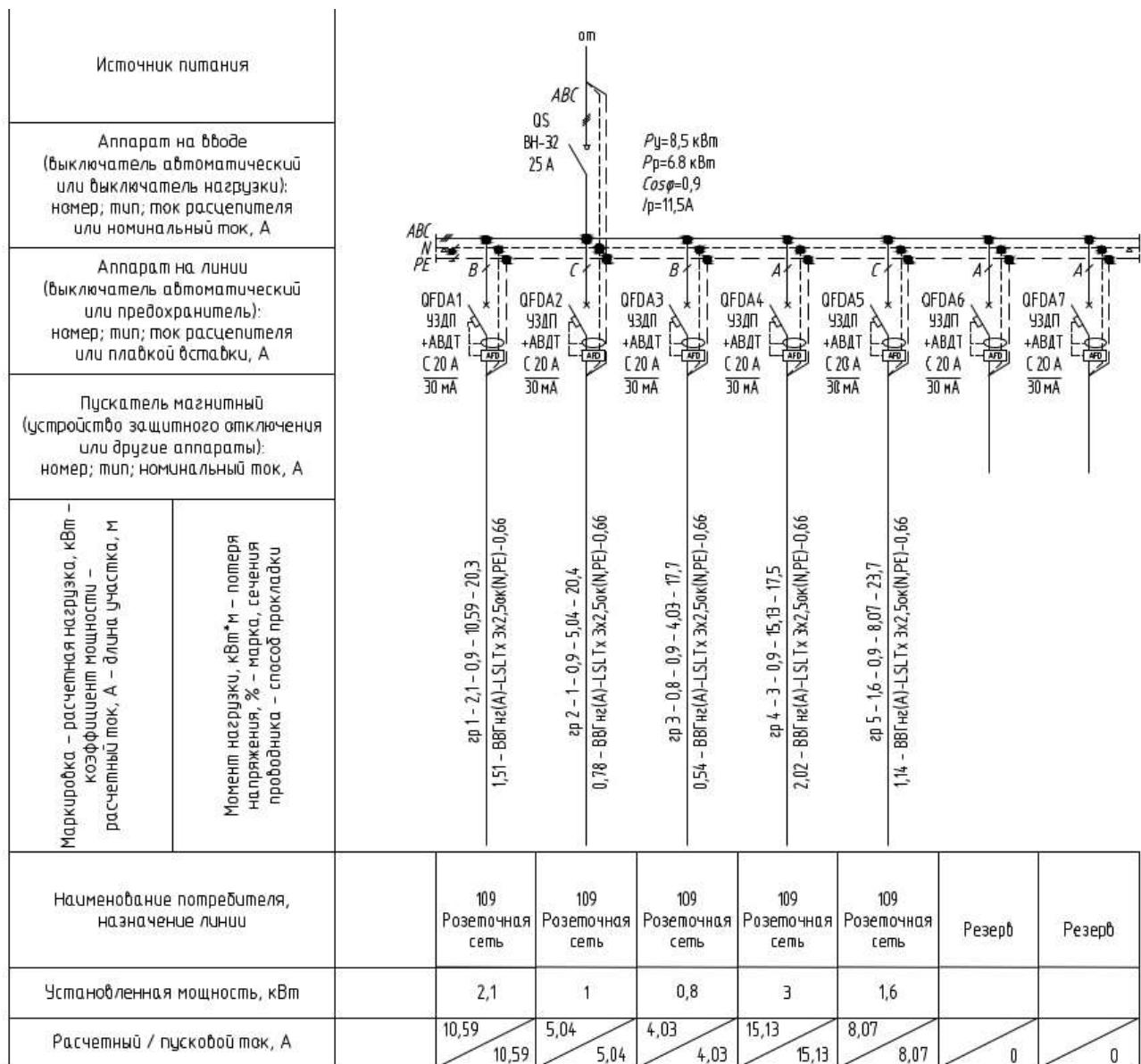


Рисунок 1 – Однолинейная схема распределительного щита розеточной сети

На схеме рисунка 1 указан аппарат ввода ВН-32 (выключатель нагрузки-мини рубильник). Его характеристики выбираются согласно расчета токовой нагрузки распределительного щита. В рассматриваемом варианте электроснабжения расчетный ток составляет 11.5 А, а ток аппаратов защиты - 20 А и максимальной расчетный ток составляет 15 А. С учетом сказанного, выбирается аппарат защит ближайший по номинальному току, т.е. – 20 А.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

На отходящие линии потребителей на этаже выбраны комбинированные аппараты защиты - совмещенные устройства защиты от дугового пробоя (УЗДП) и автоматический выключатель дифференциального тока (АВДТ).

Согласно СП 256.1325800.2016 Изм. 6, для предотвращения пожаров, которые могут возникнуть вследствие искрения и дуговых пробоев в электрических сетях и электрооборудовании, в числе устройств противопожарной защиты следует применять УЗДП, в соответствии с требованиями приложения В и ГОСТ IEC 62606.

УЗДП могут быть комбинированными – дополнительно обеспечивать защиту от токов короткого замыкания (функция автоматического выключателя) и (или) защиту от повышенного значения дифференциального тока (функция УДТ), а также защиту от недопустимого превышения напряжения и возможность дистанционного отключения УЗДП, например, по сигналу «Пожар» от систем противопожарной защиты. При этом должна обеспечиваться индикация, однозначно определяющая причину отключения комбинированного устройства.

На примере линии QFDA1 расчет был выполнен следующим образом.

Установленная мощность потребителя составила 2,1 кВт.

Для выбора сечения проводников и аппарата защиты необходимо определить расчетный ток нагрузки по формуле

$$I_r = \frac{P_y}{U \times \cos\phi},$$

где  $I_r$  - расчетный ток, А;

$P_y$  - установленная мощность потребителей, кВт;

U - напряжение сети, кВ;

$\cos\phi$  - коэффициент мощности нагрузки.

Подставив числовые значения, получим

$$I_r = \frac{2,1}{0,22 \times 0,91} = 10,59 \text{ А.}$$

Согласно расчету и ПУЭ-изд. 7, раздел 1.3 – «Выбор сечений проводников по нагреву и СП 256.1325800.2016 – «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа», имеем (см. таблицу 1).

Таблица 1

Наименование линии	Наименьшее сечение токопроводящих жил кабелей и проводов, мм <sup>2</sup>	
	медными жилами	жилами из алюминиевых сплавов марок 8030 и 8170
Линии групповых сетей освещения	1,5	2,5
Линии групповых сетей розеток	2,5	4,0
Линии от этажных до квартирных щитков и к расчетному счетчику	2,5	4,0
Линии распределительной сети (стяжки) для питания квартир	4,0	6,0

Минимально допустимое сечение кабеля для розеточных сетей, выполненных медными жилами, составляет 2,5 мм<sup>2</sup> для этого кабеля допустимый длительный ток, согласно ПУЭ (изд. 7, раздел 1.3) составляет 21 А.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Сечение выбирается так, чтобы фактический рабочий ток не превышал допустимого длительного тока для выбранного типа и способа прокладки кабеля.

В рассматриваемом случае имеем

$$10,59 \text{ A} < 21 \text{ A},$$

что вполне удовлетворяет выполненному выбору.

Аналогичным образом выполняется расчет и выбор аппаратов защиты для остальных линий розеточной сети и аппарата защиты на панели вводно-распределительного устройства.

УДК 331:45

### **Специфика психологической поддержки для людей, переживших травму**

Калачева О.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** Около 10-15% пострадавших в ЧС будут нуждаться в стационарном лечении в условиях психоневрологической клиники и не менее 50% в лечении и наблюдении в амбулаторно-поликлинических условиях.

**Abstract:** About 10-15% of emergency victims will require inpatient treatment in a psychoneurological clinic, and at least 50% will require treatment and monitoring in an outpatient clinic.

**Ключевые слова:** панический страх, катастрофа, аварий, психические травмы, стресс

**Keywords:** panic, disaster, accidents, mental trauma, and stress

Наряду с характером и тяжестью медицинских последствий серьезную проблему в условиях крушений и аварий представляет психическое здоровье людей.

Нередко оно характеризуется приступами панического страха, неадекватными эмоциональными реакциями и депрессивными состояниями. Причем со временем, прошедшим после катастрофы, число пострадавших с психическими расстройствами может резко возрастать. Так, при взрыве вагонов на станции Свердловск-Сортировочный в начальный период ликвидации последствий острые реакции на стресс отмечались у 5 % пострадавших, а на последующих этапах доля лиц с различными психическими нарушениями достигала 50 %.

При железнодорожных катастрофах в районе станции Бологое и на участке Челябинск - Уфа на начальном этапе выраженные психические нарушения у пострадавших не регистрировались. Однако на последующих этапах психические травмы проявились у 13 и 65 % пострадавших соответственно. В большинстве случаев указанные расстройства приводили к осложнению течения основного патологического процесса у пострадавших.

Поэтому в состав медицинских формирований, при необходимости, должны включаться специалисты соответствующего профиля для оказания неотложной психиатрической помощи любым лицам при наличии острых психических расстройств и психотических реакций. В последующем такую помощь необходимо предусматривать как в лечебно-профилактических, так и в амбулаторно-поликлинических учреждениях железных дорог. 48 20 % катастроф связано с "человеческим фактором" и риск появления новых ЧС постоянно растет.

Наиболее распространенной формой психического реагирования на сочетанное воздействие поражающих факторов катастроф являются непатологические стрессовые реакции (80-97%). Независимо от типа, глубины и выраженности проявлений они относятся к числу прогностически благоприятных психических последствий. До 2.5% - патологические реакции на тяжелый стресс (развитые психические расстройства с вариабельными психопатологическими синдромальными проявлениями).

Около 10-15% пострадавших в ЧС будут нуждаться в стационарном лечении в условиях психоневрологической клиники и не менее 50% в лечении и наблюдении в амбулаторно-поликлинических условиях. "Коллективные реакции" обнаруживаются в 63% случаев ЧС: повышенная внушаемость, импульсивность, раздражительность, взрывчатость; снижение способности логичного рассуждения и оценки событий; не критичность поведения и поступков, изменчивость настроения стремление немедленно реализовать немотивированные идеи при ЧС.

Психиатрическая помощь при ЧС должна представлять комплекс медико-психологических и психиатрических мероприятий, для копирования острых психотических расстройств, нормализацию психического состояния не только пострадавших, но и медицинских работников первого контакта, а также спасателей.

В более отдаленный период, после ЧС, последующая реабилитация этого контингента. Основные направления психиатрической помощи: соответствие сил и средств психиатрической помощи задачам по ее оказанию на этапах медицинской эвакуации; своевременное привлечение специалистов данного профиля (по принципу взаимного дополнения, а не дублирования на различных этапах); минимальный объем лечебных мероприятий в очаге поражения; адекватная сортировка и быстрая эвакуация пострадавших из очага поражения; своевременное усиление отдельных этапов оказания психиатрической помощи; сочетание лечебных и реабилитационных мероприятий.

Прогнозирование, формирование и оснащение ресурсов исходит из данных медико-психиатрической разведки в зависимости от масштаба и тяжести ЧС, наличия в районе бедствия специализированных лечебно-профилактических учреждений.

Основные лечебно-диагностические подходы: приближенность к передовым этапам оказания медицинской помощи; оперативность использование методов экспресс диагностики и лечения; простота применения схем или стандартов медикаментозной терапии; неотложность - оказание помощи в максимально ранние сроки; этапность, специфичность и индивидуальность (возраст, культура, профессия, личностные особенности).

Принцип оказания помощи: минимальный объем и быстрая эвакуация пострадавших из зоны бедствия. Учитывая возникновение при ЧС массового количества пострадавших психиатрического профиля, становится целесообразным формирование психотерапевтических бригад специализированной медицинской помощи с подчинением территориальным центрам медицины катастроф.

Штатный состав бригады: 50 2 врача; 2 средних медработника; 2 санитара; 1 водитель-санитар. Специализированные бригады проводят сортировку, лечебно - купирующие и эвакуационные мероприятия профильному контингенту, оказывают консультативную помощь специалистам другого профиля.

#### Список литературы

1. Прицепова, С. А. Принципы и методы, используемые при принятии допустимых норм / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного

# Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 148-152. – EDN RXJUAP.

2. Прицепова, С. А. Профессиональные риски и охрана труда / С. А. Прицепова // Естественные и технические науки. – 2014. – № 11-12(78). – С. 459-460. – EDN TJVVWR.

3. Прицепова, С. А. Оценка косвенного ущерба (последствий) / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 113-115. – EDN GGLBDK.

УДК 331:45

## Минимизация медицинских последствий при происшествиях на транспорте

### железных дорог

Калачева О.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** Оказание медицинской помощи пострадавшим при крушениях и авариях на первом, наиболее сложном этапе ликвидации последствий, имеет свои особенности. К месту происшествия по установленному регламенту и в кратчайшие сроки в составе восстановительного поезда следует санитарный вагон с медицинской бригадой, необходимым оснащением и экипировкой

**Abstract:** The provision of medical assistance to victims of train crashes and accidents at the first, most difficult stage of disaster relief has its own characteristics. According to the established regulations, a medical car with a medical team, necessary equipment, and uniforms follows the recovery train to the scene of the accident as soon as possible.

**Ключевые слова:** железнодорожный травматизм, токсичные вещества, однотипные повреждения, деформированные конструкций локомотивов и вагонов

**Keywords:** railway injuries, toxic substances, similar damage, and deformed locomotive and car structures

В структуре железнодорожного травматизма преобладают множественные механические травмы различной локализации, закрытые черепно-мозговые, комбинированные травмы, ожоги, отравления продуктами горения и другими токсичными веществами.

В зависимости от вида крушения и действия основного поражающего фактора в структуре санитарных потерь преобладают однотипные повреждения. Характерные механические повреждения: Столкновение пассажирского подвижного состава: преимущественно закрытые черепно-мозговые травмы (до 50 %), травмы верхних и нижних конечностей (до 30 %), поверхностные тупые и рвано-ушибленные раны мягких тканей различной локализации (до 20 %).

Удельный вес множественных и комбинированных травм (более 60 %), а также травм с синдромом длительного сдавливания при невозможности быстрого высвобождения пораженных из-под деформированных конструкций локомотивов и вагонов. Сход с рельсов пассажирских поездов: преимущественно поверхностные повреждения мягких тканей (до 60 %) и черепно-мозговые травмы (до 30 %).

При возгорании подвижного состава, это может привести к резкому увеличению числа пострадавших с термическими (до 40 %) и комбинированными (до 60 %) поражениями. Последствия взрывов: преимущественно скальпированные, резаные и

рвано-ушибленные раны мягких тканей, закрытые черепно-мозговые травмы и ранения глаз. В большинстве случаев до 20 % общего числа пораженных нуждаются в оказании экстренной медицинской помощи

Оказание медицинской помощи пострадавшим при крушениях и авариях на первом, наиболее сложном этапе ликвидации последствий, имеет свои особенности. К месту происшествия по установленному регламенту и в кратчайшие сроки в составе восстановительного поезда следует санитарный вагон с медицинской бригадой, необходимым оснащением и экипировкой.

Кроме того, в зависимости от тяжести медицинских последствий регламентирован выезд на место происшествия ответственных работников, главных и ведущих специалистов медицинского отдела РЖД, управлений и отделов здравоохранения железных дорог, дорожных и отделенческих больниц, а также медицинских бригад соответствующих профилей (хирургических, реанимационных и др.).

Целесообразно привлечение специалистов высокой квалификации (как правило, хирургов), имеющих большой опыт организационной работы в условиях ЧС.

Обычно пораженных подразделяют на четыре категории, которые различаются по приоритету в оказании медицинской помощи и эвакуации в лечебные учреждения:

I - находящиеся в терминальном состоянии и нуждающиеся в облегчении страданий (около 10 %).

II - находящиеся в тяжелом состоянии и нуждающиеся в неотложных мероприятиях (около 20 %);

III - находящиеся в состоянии средней тяжести, помощь которым может быть отсрочена (около 30 %);

IV - легкопораженные, нуждающиеся преимущественно в амбулаторной помощи (около 40 %).

При категоризации пораженных первой группы медицинский персонал традиционно испытывает трудности, так как в обычных условиях для спасения жизни этим пострадавшим используются все доступные силы, средства и методы медицины. Следует учитывать, что среди пораженных может оказаться большое число детей, особенно в отпускной период (до 45 %). Во всех случаях летальность среди них значительно выше, чем взрослых. В стационары дети раннего возраста, как правило, не поступают, они погибают на месте происшествия.

Дети, получившие травмы, ожоги, отравления и т. п., подлежат первоочередной госпитализации, поскольку нуждаются в срочном оперативном вмешательстве, детоксикации и в то же время щадящем лечении, что может быть обеспечено при условии привлечения к этой работе высококвалифицированных специалистов педиатрического профиля. Опыт медицины катастроф показывает, что независимо от используемой методики медицинской сортировки может иметь место недооценка или переоценка тяжести состояния пораженных. При недооценке состояния пострадавших с повреждениями, потенциально угрожающими жизни, возрастает вероятность госпитализации в непрофильные медицинские учреждения, что приводит к осложнениям и возрастанию смертности.

Переоценка, составляющая приблизительно 50 %, считается приемлемой, поскольку способствует уменьшению числа пораженных, тяжесть состояния которых недооценена. Кроме того, одной из ошибок в медицинском обеспечении пораженных при крушениях и авариях является поверхностная оценка объемов необходимых лечебно-эвакуационных мероприятий без учета реальной обстановки, что приводит к недостатку привлечения медицинских ресурсов.

Все медицинские формирования и учреждения должны придерживаться единых принципов в оказании медицинской помощи и дальнейшем лечении пораженных, так как отступление от них нередко приводит к тяжелым и необратимым последствиям.

Для обеспечения доступа медперсонала к пострадавшему необходимо главное: удалить фрагменты транспортного средства вокруг пострадавшего; не эвакуировать пострадавшего с места происшествия до прибытия «Скорой помощи»; обеспечить доступ персоналу «Скорой помощи» к пострадавшему наиболее быстрым и легким путем (через двери, окна, посредством частичного или полного удаления крыши); определить состояние пострадавшего и возможность общения с ним.

Немедленная эвакуация пострадавшего из аварийного транспортного средства производится: при пожаре (угрозе взрыва); из-под воды; из агрессивной (токсичной) среды; при невозможности остановить на месте сильное кровотечение. Для скорейшей стабилизации состояния пострадавшего необходимо: привести пострадавшего в сознание; обеспечить свободное дыхание; зафиксировать шейные позвонки; остановить серьезные кровотечения; зафиксировать позвоночник; предотвратить переохлаждение. Необходимо разбирать транспортное средство до возможности эвакуации пострадавшего из зоны аварии.

#### Список литературы

1. Прицепова, С. А. Принципы и методы, используемые при принятии допустимых норм / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 148-152. – EDN RXJUAP.
2. Прицепова, С. А. Профессиональные риски и охрана труда / С. А. Прицепова // Естественные и технические науки. – 2014. – № 11-12(78). – С. 459-460. – EDN TJVVWR.
3. Прицепова, С. А. Оценка косвенного ущерба (последствий) / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 113-115. – EDN GGLBDK.

УДК 331:45

**Характерные черты действий по устранению последствий аварий на  
железнодорожном транспорте**  
Калачева О.А.  
Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** На основе полученной информации и оценки складывающейся обстановки органы управления медицинскими силами и средствами в оперативном порядке принимают решения по обеспечению пострадавших необходимой медицинской помощью

**Ключевые слова:** информация, кодирования, последствия ЧС, тяжесть поражений

**Abstract:** Based on the information received and the assessment of the current situation, the medical forces and resources management bodies make operational decisions to provide the victims with the necessary medical care.

**Keywords:** information, coding, consequences of emergencies, severity of injuries

На этапе первичной информации о ЧС (посредством поездной, перегонной, межстанционной, служебной диспетчерской и других видов связи), если в ней есть сведения о столкновении или сходе пассажирского подвижного состава, осуществляется немедленный выезд к месту происшествия мобильных медицинских сил и средств, формируемых на базе линейных, узловых и отделенческих больниц.

Именно на них возлагается ответственность за передачу своевременной медицинской информации в вышестоящие органы о наличии и численности пострадавших, характере и тяжести поражений. Согласно установленному порядку первичная информация по ЧС в дальнейшем уточняется. При необходимости используется метод кодирования информации по специальным критериям в зависимости от вида крушения или аварии и численности пострадавших.

На основе полученной информации и оценки складывающейся обстановки органы управления медицинскими силами и средствами в оперативном порядке принимают решения по обеспечению пострадавших необходимой медицинской помощью.

При этом практически одновременно и в порядке подчиненности действуются (в зависимости от масштабов аварии) три уровня управления ходом ликвидации медико-санитарных последствий ЧС: отделенческий (отделенческие, узловые или линейные ЛПУ), дорожный (врачебно-санитарная служба дороги) и центральный (Департамент здравоохранения МПС). На всех уровнях действует четкая система оперативного дежурства, обеспечивающая получение и передачу медицинской информации в вышестоящие органы, а от них - соответствующих распоряжений на весь период ликвидации последствий ЧС (с учетом дублирования в выходные и праздничные дни).

К числу первоочередных мер относятся формирование и подготовка к работе в условиях ЧС медицинских сил и средств, в особенности ВВБ и БСМП, комплектуемых на базе ЛПУ железных дорог. Их приоритетной задачей является оказание пострадавшим своевременной и в необходимом объеме медицинской помощи.

Для этого используются все имеющиеся ресурсы отраслевого здравоохранения, включая железнодорожный подвижной состав. В комплекс подготовительных и ликвидационных мероприятий входят: вызов медицинских работников и привлечение специалистов из других учреждений; организация первой медицинской, доврачебной и первой врачебной помощи пострадавшим на месте происшествия; организация квалифицированной и специализированной медицинской помощи в ЛПУ, в том числе за счет перепланирования, высвобождения и перепрофилирования коек; доукомплектование стационаров необходимыми аппаратурой и медикаментами; специальная подготовка медицинского персонала по вопросам лечебно-эвакуационного обеспечения пострадавших при крушениях и авариях.

Степень готовности указанных сил и средств к работе в условиях ЧС определяется их заблаговременной подготовкой и оперативным реагированием на любые нештатные ситуации, возникающие на железных дорогах, в том числе при наиболее неблагоприятных или осложненных вариантах ликвидации последствий ЧС.

Имеются в виду крупномасштабные ЧС с большим количеством пострадавших, ЧС на изолированных участках железных дорог или в других неблагоприятных условиях (на перегонах, вдали от мест дислокации медицинских учреждений, в ночное время и т. п.), связанные обычно с дефицитом врачебных кадров основных профилей.

Целенаправленно планировать организационные мероприятия по оказанию медицинской помощи пострадавшим и включать в состав 39 врачебных бригад узких специалистов в зависимости от особенностей повреждений при каждом виде ЧС.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

В этой связи более актуальным является формирование на базе ЛПУ железных дорог медицинских бригад постоянной готовности - аварийных, хирургических и реанимационных, а также бригад специализированной медицинской помощи следующих профилей: хирургического, реанимационного, травматологического, нейрохирургического, кардиологического, токсико-терапевтического, комбустиологического.

Формирование и подготовка перечисленных сил и средств с учетом реальных возможностей лечебно-профилактических учреждений предусматривают использование для работы в ЧС кадров и коечного фонда действующих в повседневном режиме подразделений ЛПУ соответствующих профилей.

### Список литературы

1. Прицепова, С. А. Принципы и методы, используемые при принятии допустимых норм / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 148-152. – EDN RXJUAP.
2. Прицепова, С. А. Профессиональные риски и охрана труда / С. А. Прицепова // Естественные и технические науки. – 2014. – № 11-12(78). – С. 459-460. – EDN TJVVWR.
3. Прицепова, С. А. Оценка косвенного ущерба (последствий) / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 113-115. – EDN GGLBDK.

УДК 331:45

### Обеспечение безопасности и устойчивости железнодорожного транспорта в условиях чрезвычайных ситуаций

Калачева О.А.  
Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** Привлечение для ликвидации ЧС сил и средств МЧС, а при необходимости — и других министерств и ведомств, входящих в территориальные подсистемы РСЧС, осуществляется на основании разрабатываемого Плана взаимодействия сил и средств железной дороги с РЦ ГОЧС или Плана взаимодействия сил и средств отделения железной дороги с ГУ ГОЧС обл., края, республики (т. е. субъекта РФ).

**Abstract:** The involvement of the Ministry of Emergency Situations' forces and resources, and, if necessary, those of other ministries and agencies included in the territorial subsystems of the Russian Emergency Situations System, in the elimination of emergencies is carried out on the basis of a developed Plan for the interaction of the railway's forces and resources with the Regional Center for Civil Defense and Emergencies or a Plan for the interaction of the railway's branch's forces and resources with the Main Directorate for Civil Defense and Emergencies of the region, territory, or republic (i.e., the constituent entity of the Russian Federation).

**Ключевые слова:** оцепление зоны ЧС, оповещение, оказание медицинской помощи, предоставление специализированных вагонов

Keywords: cordoning off the emergency zone, notification, medical assistance, and provision of specialized wagons

Силы и средства МЧС и МТ России привлекаются к выполнению ликвидации ЧС в пределах своих тактико-технических возможностей.

Задачи, решаемые органами управления, силами и средствами МЧС России:

- оцепление зоны ЧС, развертывание пунктов управления и организация связи;
- координация и осуществление действий по спасению населения и эвакуации его из зоны ЧС;
- оказание медицинской помощи пострадавшим и размещение их в лечебных учреждениях;
- оповещение и вызов аварийно-спасательных команд других министерств и ведомств, входящих в территориальные подсистемы РСЧС;
- предоставление специализированных вагонов для перегруза (перекачки) грузов, перевозимых в вагонах грузоотправителя (грузополучателя);
- организация и осуществление действий по ликвидации загрязнения местности и утилизации остатков опасных грузов. При ликвидации ЧС МТ РФ своими силами и средствами решает следующие задачи:
  - осуществляет доставку сил и средств МЧС в зону ЧС;
  - восстанавливает движение поездов;
  - предоставляет подвижной состав для перегруза (перекачки) грузов, перевозимых в соответствии с ППОГ в вагонах ОАО РЖД;
  - доставляет в зону ЧС специализированный подвижной состав, предоставляемый для перегруза (перекачки) груза, перевозимого в вагонах грузоотправителя (грузополучателя);
  - производит очистку зоны ЧС от неисправного и поврежденного подвижного состава.

Привлечение для ликвидации ЧС сил и средств МЧС, а при необходимости — и других министерств и ведомств, входящих в территориальные подсистемы РСЧС, осуществляется на основании разрабатываемого Плана взаимодействия сил и средств железной дороги с РЦ ГОЧС или Плана взаимодействия сил и средств отделения железной дороги с ГУ ГОЧС обл., края, республики (т. е. субъекта РФ).

План взаимодействия разрабатывается на карте с пояснительной запиской к нему и оформляется в двух экземплярах.

Первый экземпляр находится в РЦ ГОЧС или постоянно действующем органе управления при территориальном органе исполнительной власти, специально уполномоченном на решение задач в области защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций; второй — в управлении, отделении железной дороги.

При необходимости количество экземпляров по взаимной договоренности может быть и больше.

План взаимодействия включает:

- расположение потенциально опасных объектов экономики, кроме режимных, на которых возможно возникновение ЧС, а также районы возможных стихийных бедствий, расположенных вблизи железных дорог;
- характеристику потенциально опасных объектов;
- схему железнодорожной сети с нанесением мостов, тоннелей, мест погрузки и выгрузки опасных грузов, других опасных участков железных дорог в зонах возможных ЧС;
- места дислокации восстановительных и пожарных поездов;

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

- состав и группировку сил, выделяемых Сторонами для ликвидации возможных ЧС, их закрепление за объектом, территориями;
- задачи сил Сторон по ликвидации ЧС;
- задачи аварийно-спасательных подразделений РСЧС;
- задачи поисково-спасательных отрядов РСЧС;
- задачи поисково-спасательных служб;
- задачи медико-спасательных отрядов при железнодорожных больницах;
- порядок вызова восстановительных сил и средств Сторон к месту ЧС;
- районы сбора и сосредоточения, маршруты и организацию движения, время прибытия, охрана объектов;
- организацию управления, оповещения, сигналы по ним;
- организацию всестороннего обеспечения мероприятий по ликвидации ЧС с учетом местной экономической и промышленной базы;
- состав, места дислокации, задачи и порядок задействования резервов сторон;
- порядок взаимодействия с управлениями и отделениями соседних железных дорог, постоянно действующими органами управления при органах местного самоуправления, специально уполномоченными на решение задач в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, а также их реальные возможности в случае возникновения крушений, аварий и стихийных бедствий;
- другие вопросы, обусловленные спецификой региона.

### Список литературы

1. Прицепова, С. А. Принципы и методы, используемые при принятии допустимых норм / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 148-152. – EDN RXJUAP.
2. Прицепова, С. А. Профессиональные риски и охрана труда / С. А. Прицепова // Естественные и технические науки. – 2014. – № 11-12(78). – С. 459-460. – EDN TJVVWR.
3. Прицепова, С. А. Оценка косвенного ущерба (последствий) / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 113-115. – EDN GGLBDK.

УДК 331:45

### Механизм предотвращения и устранения аварий и катастроф на железной дороге

Калачева О.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** На базе лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) железнодорожного транспорта для оказания врачебной помощи пострадавшим при ликвидации последствий ЧС созданы и действуют выездные медицинские бригады

**Abstract:** On the basis of medical and preventive institutions (MFI) of railway transport, mobile medical teams have been established and are operating to provide medical assistance to victims of emergencies.

# Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, быстрое реагирование, аварии, крушениях

Keywords: railway transport, rapid response, accidents, and derailments

На базе лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) железнодорожного транспорта для оказания врачебной помощи пострадавшим при ликвидации последствий ЧС созданы и действуют выездные медицинские бригады:

- медицинские аварийные (по месту дислокации восстановительных поездов) в составе: врач с хирургической подготовкой — 1, фельдшер — 1, санитары — 2;

- хирургические (на базе хирургических отделений ЛПУ отделений железных дорог) в составе: врач-хирург (травматолог) — 1, врач-реаниматолог — 1, анестезиолог — 1, медицинские сестры — 2, санитары — до 4; - реанимационные (на базе отделений реанимации дорожных больниц) в составе: врач-реаниматолог — 1, медицинские сестры операционные — 2, санитары — 2.

Значительными силами для быстрого реагирования на ЧС располагают и другие министерства, ведомства и организации, в том числе отправители и получатели опасных грузов, перевозимых железнодорожным транспортом.

Аварийно-спасательные, газоаварийные, и другие формирования этих министерств и ведомств созданы на профессиональной основе. Работы они проводят не только на своих объектах, но когда требует обстановка — и на других предприятиях, и даже в других регионах, в том числе и на объектах железнодорожного транспорта.

Министерства и ведомства, подведомственные предприятия которых осуществляют перевозку опасных грузов, должны иметь центральные службы (при отсутствии таковых обращаться в центральный дежурный аппарат) по организации безопасной перевозки и ликвидации аварийных ситуаций, а также соответствующие территориальные организации и специализированные аварийно-спасательные подразделения и аварийные бригады, ведущие наблюдение и контроль за обстановкой на потенциально опасных объектах, прилегающих к ним территориях и маршрутах перевозок опасных грузов, способные к быстрому реагированию и выдвижению, проведению мероприятий по предотвращению и ликвидации последствий ЧС.

В состав РСЧС включены силы и средства наблюдения и контроля: за экологической безопасностью — Госкомитета (министерства) по экологии, за стихийными явлениями — Росгидромета, за безопасностью на потенциально опасных объектах — Госгортехнадзора и Госатомнадзора, за санитарно-эпидемиологической безопасностью — Госсанэпидемнадзора, за противопожарной безопасностью — МЧС РФ, а также лаборатории контроля за качеством промышленных товаров, продуктов питания и пищевого сырья Госстандарта РФ и т. п.

При авариях и крушениях с опасными грузами независимо от их масштабов в обязательном порядке привлекаются силы и средства территориальных подсистем РСЧС (ЕГСЧС).

На них возлагаются задачи по разработке систем на соответствующих территориях и осуществлению 29 мероприятий по предупреждению инцидентов и аварий при перевозке опасных грузов и ликвидации их последствий.

Управления и отделения железных дорог в пределах своего региона зарлаговременно определяют с территориальными органами ГОЧС перечень предприятий и организаций (в том числе грузоотправителей и грузополучателей), имеющих аварийные службы или соответствующих специалистов, а также номенклатуру опасных грузов, в ликвидации аварийных ситуаций, с которыми эти предприятия и организации могут принять участие.

# Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Их перечень утверждается местной администрацией. Места их дислокации и телефоны должны быть указаны в соответствующих инструкциях и схемах оповещения.

## Список литературы

1. Прицепова, С. А. Принципы и методы, используемые при принятии допустимых норм / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 148-152. – EDN RXJUAP.
2. Прицепова, С. А. Профессиональные риски и охрана труда / С. А. Прицепова // Естественные и технические науки. – 2014. – № 11-12(78). – С. 459-460. – EDN TJVVWR.
3. Прицепова, С. А. Оценка косвенного ущерба (последствий) / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 113-115. – EDN GGLBDK.

УДК 331:45

## Система обеспечения безопасности и оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации на железнодорожном транспорте

Калачева О.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** Комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения ЧС, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба, наносимого окружающей природной среде, и материальных потерь в случае их возникновения

**Abstract:** A set of measures taken in advance to reduce the risk of emergencies as much as possible, as well as to preserve people's health, reduce the damage to the environment, and minimize material losses in the event of emergencies

**Ключевые слова:** предупреждение ЧС, ликвидация ЧС, аварийно-восстановительные работы, ликвидация последствий аварийных ситуаций

**Keywords:** emergency prevention, emergency response, emergency recovery, and emergency aftermath

Предупреждение ЧС — это комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения ЧС, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба, наносимого окружающей природной среде, и материальных потерь в случае их возникновения.

Ликвидация ЧС — это аварийно-спасательные, аварийно-восстановительные и другие неотложные работы (работы по первоочередному жизнеобеспечению), проводимые при возникновении ЧС и направленные на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба, нанесенного окружающей природной среде, и материальных потерь, а также на локализацию ЧС, прекращение действия характерных для них опасных факторов.

Аварийно-восстановительные работы — комплекс мероприятий, осуществляемых специализированными подразделениями железнодорожного

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

транспорта, направленный на окончательную ликвидацию последствий аварийной ситуации для транспортного процесса.

Ликвидация последствий аварийных ситуаций — комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на: - предотвращение угрозы людям; - защиту природной среды; - возможную сохранность груза, подвижного состава, сооружений; - возобновление движения поездов и маневровой работы в возможно короткий срок. Для быстрого и эффективного решения важных и сложных задач предупреждения и ликвидации ЧС на железнодорожном транспорте, необходимо объединение усилий территориальных и ведомственных организаций, сил и средств в единую систему.

Такой системой является созданная 18 апреля 1992 г. Российская, а с 1995 г. — Единая 25 государственная система предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС). Она объединяет органы управления, силы и средства всех органов исполнительной власти (от федеральных до местного самоуправления), различных министерств, ведомств и организаций, в задачи которых входит решение вопросов предупреждения и ликвидации ЧС. РСЧС (ЕГСЧС) состоит из территориальных и ведомственных подсистем и имеет пять уровней: федеральный, региональный, территориальный, местный и объектовый.

Ее составной частью является также железнодорожная транспортная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЖТСЧС).

Железнодорожная транспортная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и ее звенья включают в себя комиссии по чрезвычайным ситуациям:

- в МТ — ЦКЧС с подкомиссиями по природным катастрофам, по безопасности движения и по чрезвычайным ситуациям (в том числе аварийные ситуации с опасными грузами); Специальное управление, Департамент по безопасности движения и экологии;
- на железных дорогах — НКЧС и соответствующие службы;
- на отделениях железных дорог — НОД КЧС и соответствующие отделы;
- на объектах железнодорожного транспорта — ОКЧС и штабы ГОЧС;
- органы повседневного управления (руководящий состав, ревизорский, дежурный и диспетчерский аппарат всех уровней и звеньев управления на железнодорожном транспорте);
- силы и средства ликвидации ЧС — восстановительные (ВП) и пожарные (ПП) поезда, аварийно-полевые команды (АПК), центры Санэпидемнадзора (ДСЭН) и их лаборатории (бактериологические, санитарно-химические, радиологические), медицинские бригады железнодорожных 26 больниц, другие формирующиеся профессиональные и добровольные аварийно-спасательные подразделения.

В соответствии с примерным табелем оснащения восстановительного поезда (ВП) в его состав, как правило, включают:

- вагон-гараж для тягачей и бульдозеров — 2-4;
- вагон электроснабжения и накаточного оборудования - 1;
- пассажирский вагон для команды — 1;
- пассажирский вагон-столовая — 1; - пассажирский санитарно-штабной вагон — 1;
- пассажирский вагон для перевозки дополнительной рабочей силы — 1;
- грузовой вагон для такелажного оборудования, инвентаря и защитной одежды — 1;
- железнодорожные краны (грузоподъемностью 80, 250 т) - 2;
- подстреловые платформы — 2;
- платформа для крана на автомобильном или гусеничном ходу — 1;
- платформы для размещения запасных вагонных тележек, рельсов и шпал, опор и оборудования контактной сети и других материалов — 2-3.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Для защиты личного состава ВП оснащены защитными костюмами (Л-1, КГ-611, КГ-612), респираторами (Ф-62ш, «Астра-2», ШБ-1 «Лепесток», РПГ), противогазами (ГП-5М), изолирующими противогазами (ИП-4), запасом регенеративных патронов, аппаратами на сжатом воздухе (АСВ-2) или изолирующими (АКР-217, АКР-317), а также войсковым прибором химической разведки (ВПХР — 1 комплект), дезиметром ДП-5В (1 комплект), метеокомплектом и другими дезиметрическими приборами и газоанализаторами.

Примерный штат ВП составляет 12-18 человек.

Штат и табель ВП устанавливаются начальником отделения дороги по согласованию с главным ревизором по безопасности движения на железной дороге с учетом местных условий, особенностей ведения аварийно-восстановительных работ и оснащенности ВП.

Расстояние между пунктами постоянной дислокации ВП должно быть не более 200 км.

Состав пожарных поездов может включать:

- вагон для насосных установок, электростанции и пожарного инвентаря;
- пассажирский вагон для личного состава и инвентаря;
- вагон-гараж для пожарного автомобиля;
- цистерны для запаса воды. Боевой расчет составляет 4-6 чел.

Защитные средства такие же, как и в ВП

### Список литературы

1. Прицепова, С. А. Принципы и методы, используемые при принятии допустимых норм / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 148-152. – EDN RXJUAP.
2. Прицепова, С. А. Профессиональные риски и охрана труда / С. А. Прицепова // Естественные и технические науки. – 2014. – № 11-12(78). – С. 459-460. – EDN TJVVWR.
3. Прицепова, С. А. Оценка косвенного ущерба (последствий) / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 113-115. – EDN GGLBDK.

УДК 331:45

### Организация спасательных мероприятий на железнодорожном транспорте

Калачева О.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** При организации и проведении мероприятий по ликвидации очага биологического заражения необходимо учитывать: способность бактериальных средств вызвать массовые инфекционные болезни; способность некоторых микробов и токсинов сохраняться длительное время во внешней среде; наличие и продолжительность инкубационного периода; сложность лабораторного обнаружения возбудителя и длительность определения его вида; необходимость применения средств индивидуальной защиты.

**Abstract:** When organizing and carrying out measures to eliminate a biological contamination source, it is necessary to take into account: the ability of bacterial agents to cause mass infectious diseases; the ability of certain microbes and toxins to persist for a long time in the external environment; the presence and duration of the incubation period; the difficulty of laboratory detection of the pathogen and the duration of determining its species; the need to use personal protective equipment.

**Ключевые слова:** утечка, пролив, химически опасные вещества, локализации пролива

**Keywords:** leakage, spill, chemical hazards, spill containment

Тушение баллонов со сжатым и сжиженным газом проводится из укрытия. Если нельзя ликвидировать факел горящего газа, то допускается его свободное выгорание.

В случае утечки и пролива химически опасных веществ АХОВ проводится локализация и обеззараживание источников химического заражения, следующими способами:

- при обеззараживании облаков АХОВ – постановка завес с использованием нейтрализующих растворов или рассеивание облаков воздушно-газовыми потоками;
- при локализации пролива АХОВ – обвалование пролива, сбор жидкой фазы АХОВ в приемки-ловушки; засыпка пролива сыпучими сорбентами; снижение интенсивности испарения покрытием зеркала пролива пленкой; разбавление пролива водой;
- введение загустителей;
- при обезвреживании (нейтрализации) пролива АХОВ – заливка нейтрализующим раствором или разбавление пролива водой с последующим введением нейтрализаторов; засыпка сыпучими нейтрализующими веществами или твердыми сорбентами с последующим выжиганием; снижение пролива и грунта, загущение с последующим вывозом и сжиганием.

В случае возникновения очага биологического поражения при аварии на железнодорожном транспорте:

- проводится бактерио-химическая разведка и индикация бактериальных средств;
- устанавливается карантинный режим и обсервация;
- проводится санитарная экспертиза и контроль зараженности продовольствия, пищевого сырья, воды и фуража, их обеззараживание;
- осуществляются противоэпидемические, санитарно-гигиенические, лечебно-эвакуационные мероприятия.

При организации и проведении мероприятий по ликвидации очага биологического заражения необходимо учитывать: способность бактериальных средств вызвать массовые инфекционные болезни; способность некоторых микробов и токсинов сохраняться длительное время во внешней среде; наличие и продолжительность инкубационного периода; сложность лабораторного обнаружения возбудителя и длительность определения его вида; необходимость применения средств индивидуальной защиты.

В случае радиоактивного загрязнения территорий и технических средств основными мероприятиями по ликвидации их последствий являются:

- локализация и ликвидация источников радиоактивного загрязнения;

- дезактивация загрязненной территории и технических средств;
- сбор и захоронение радиоактивных отходов;
- выявление людей, повергшихся радиоактивному облучению, их медицинское обследование санитарная обработка.

Работы в опасной зоне должны выполняться при условии постоянного дозиметрического контроля. Время пребывания спасателей в опасной зоне зависит от мощности эквивалентной дозы облучения и определяется в каждом конкретном случае. Зараженная одежда, обувь, личные вещи направляются на дезактивацию или захоронение.

**Список литературы**

1. Прицепова, С. А. Принципы и методы, используемые при принятии допустимых норм / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 148-152. – EDN RXJUAP.
2. Прицепова, С. А. Профессиональные риски и охрана труда / С. А. Прицепова // Естественные и технические науки. – 2014. – № 11-12(78). – С. 459-460. – EDN TJVVWR.
3. Прицепова, С. А. Оценка косвенного ущерба (последствий) / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 113-115. – EDN GGLBDK.

УДК 331:45

**Планирование спасательных операций при авариях на железнодорожном транспорте**  
Калачева О.А.  
Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** Основными видами аварийно-спасательных работ при авариях на железнодорожных переездах являются локализация и ликвидация воздействия вторичных поражающих факторов, поиск и деблокирование людей, оказание поражённым первой медицинской помощи и их эвакуация.

**Abstract:** The main types of emergency rescue operations in the event of accidents at railway crossings are the localization and elimination of secondary damaging factors, the search and rescue of people, the provision of first medical aid to the injured, and their evacuation.

**Ключевые слова:** аварийно-спасательные работы, первая медицинская помощь, поражения людей

**Keywords:** emergency rescue operations, first medical aid, and human injuries

Организация работ по спасению пострадавших при авариях на железнодорожных переездах осуществляется с учетом характера повреждения железнодорожного состава (автомобильного транспорта), характера поражения людей, наличия вторичных поражающих факторов, имеющихся технических средств, а также пожарной, химической и другой опасности грузов.

Основными видами аварийно-спасательных работ при авариях на железнодорожных переездах являются локализация и ликвидация воздействия вторичных поражающих факторов, поиск и деблокирование людей, оказание поражённым первой медицинской помощи и их эвакуация.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

При больших объемах аварийно-спасательных работ или возникших пожарах по приказу начальника отделения или начальника железной дороги к месту происшествия направляются восстановительные и пожарные поезда, действующие по соответствующему плану.

Начальник восстановительного поезда по прибытии на место происшествия отвечает за выполнение оперативного плана восстановления движения в части подъема вагонов, восстановления энергосетей и линии связи. Эти работы выполняются немедленно с одной или двух сторон полотна, а также вне полотна – тягачами, тракторами и другими тяговыми средствами.

Аварии с железнодорожным пассажирским транспортом, приведшие к пожару, требуют применения для ликвидации их последствий специальных пожарных поездов, пожарных частей и поисково-спасательных подразделений.

При таких пожарах поражающими факторами являются: высокая температура, быстро распространяющийся открытый огонь и отравляющие вещества, возникающие в процессе горения. Аварии железнодорожного транспорта, осуществляющего перевозку опасных грузов, могут приводить к пожарам, взрывам, химическому и биологическому заражению, радиоактивному загрязнению.

Характерной особенностью этих чрезвычайных ситуаций являются значительные размеры и высокая скорость формирования очага поражения. Мероприятия по спасению пострадавших в таких чрезвычайных ситуациях определяются характером поражения людей, размером повреждения технических средств, наличием вторичных поражающих факторов.

При спасении пострадавших в аварии при перевозке опасных грузов проводятся:

- разведка и оценка обстановки, определение границы опасной зоны и её ограждение;
- локализация и ликвидация последствий поражающих факторов;
- поиск пострадавших, обеспечение их средствами индивидуальной защиты и эвакуация из опасной зоны;
- оказание пострадавшим первой медицинской помощи;
- контроль содержания опасных веществ в воздухе, воде и почве.

При горении цистерн с горючими жидкостями необходимо немедленно организовать их тушение.

В случае угрозы перекидывания огня на соседние составы или транспортные средства, горящие цистерны отводят в безопасное место, одновременно охлаждая и защищая соседние вагоны.

Горящую цистерну нужно постоянно охлаждать водой, чтобы исключить вероятность взрыва. При горении паров жидкости над незакрытой горловиной цистерны закрывают крышку или набрасывают на нее кошму под защитой пожарных стволов. Горящую растекшуюся жидкость тушат водой, пеной и абсорбционными материалами. Возможен отвод растекшейся жидкости по канавам или обвалование земли для направления жидкости в безопасное место.

### Список литературы

1. Прицепова, С. А. Принципы и методы, используемые при принятии допустимых норм / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 148-152. – EDN RXJUAP.

2. Прицепова, С. А. Профессиональные риски и охрана труда / С. А. Прицепова // Естественные и технические науки. – 2014. – № 11-12(78). – С. 459-460. – EDN TJVVWR.

3. Прицепова, С. А. Оценка косвенного ущерба (последствий) / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 113-115. – EDN GGLBDK.

УДК 331:45

**Работы по спасению и другим неотложным действиям при устраниении аварий на железнодорожном транспорте**

Калачева О.А.

(Филиал РГУПС в г. Воронеж)

**Аннотация:** Особую опасность для пассажиров представляют пожары в вагонах. Пожар в пассажирском вагоне очень быстро распространяется по внутренней отделке, пустотам конструкции и вентиляции. Он может охватить один вагон за другим.

**Abstract:** Fires in passenger cars pose a particular danger to passengers. A fire in a passenger car spreads very quickly through the interior, structural voids, and ventilation systems. It can engulf one car after another.

**Ключевые слова:** аварийно-восстановительные работы, сбор информации, разведка, оценка обстановки

**Keywords:** emergency and restoration work, information gathering, reconnaissance, and situation assessment

Аварийно-спасательные и другие неотложные работы при ликвидации аварий на железнодорожном транспорте включают:

- сбор информации, разведку и оценку обстановки;
- определение границ опасной зоны, её ограждение и оцепление;
- проведение аварийно-спасательных работ с целью оказания помощи пострадавшим;
- ликвидацию последствий аварии (локализация источника чрезвычайной ситуации, тушение пожара и др.);
- аварийно-восстановительные работы на электрических сетях и коммуникациях.

При столкновениях, резкой остановке поезда и переворачивании вагонов пассажирского поезда типичными травмами пассажиров являются ушибы, переломы, сотрясения головного мозга, сдавливания.

В таких случаях аварийно-спасательные работы включают:

- проникновение в вагон через входные двери, оконные проемы и специально проделанные люки;
- поиск пострадавших, их деблокирование и эвакуацию;
- оказание первой медицинской помощи пострадавшим.

Особую опасность для пассажиров представляют пожары в вагонах. Пожар в пассажирском вагоне очень быстро распространяется по внутренней отделке, пустотам конструкции и вентиляции. Он может охватить один вагон за другим.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Особенно быстро это происходит во время движения поезда, когда в течение 15–20 минут вагон полностью выгорает. Температура в горящем вагоне составляет порядка 950 °С. Время эвакуации пассажиров должно быть не более 2 минут.

Пожар на тепловозах осложняется наличием большого количества топлива (5–6 т.) и смазочных материалов (1,5–2 т.). В случаях, когда пассажирские поезда оказываются заблокированными снежными заносами, обвалами, камнепадами, лавинами, селевыми потоками, водой, задача спасателей сводится к обнаружению пострадавших, их освобождению и оказанию им помощи.

Как показывает опыт, для ликвидации последствий аварий на железнодорожном транспорте ОАО РЖД располагает достаточными силами и средствами (на 17 19 дорогах в состав их сил, предназначенных для ликвидации чрезвычайных ситуаций, входят 304 восстановительных и 369 пожарных поездов).

Поэтому, если авария устраниается в течение суток, привлечение сил и средств РСЧС, как правило, не требуется. В то же время, если авария связана с десятками погибших и сотнями пострадавших, когда требуется проведение сложных спасательных работ по извлечению людей из завалов и разрушенных конструкций вагонов, тогда использование дополнительных сил необходимо.

Взаимодействие сил при таких чрезвычайных ситуациях крайне важно, так как, кроме чисто технических проблем (разборки завалов, тушения пожаров, восстановления железнодорожного пути и т.п.), приходится решать задачи с привлечением дополнительных сил.

К таким задачам относятся: охрана общественного порядка; обеспечение работы пожарной и медицинской службы; опознание и идентификация погибших; розыск, оповещение, встреча и размещение родственников погибших; отправка оставшихся в живых с места катастрофы. Решение этих вопросов возлагается, как правило, на руководителей КЧС и правоохранительных органов.

При возникновении крупных аварий и катастроф на железнодорожном транспорте целесообразно назначать оперативную группу со следующими задачами:

- организация и непосредственное осуществление в районе катастрофы непрерывного мониторинга обстановки, оценки масштабов и прогнозирования дальнейшего ее развития;
- выработка предложений и принятие решений по локализации и ликвидации последствий катастрофы, защите населения и окружающей среды в зоне чрезвычайной ситуации;
- привлечение к работам всех имеющихся в наличии сил и средств, подготовка предложений об использовании всех видов ресурсов;
- организация и контроль оповещения населения, планирование и организация эвакуации населения из зоны чрезвычайной ситуации

### Список литературы

1. Прицепова, С. А. Принципы и методы, используемые при принятии допустимых норм / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 148-152. – EDN RXJUAP.
2. Прицепова, С. А. Профессиональные риски и охрана труда / С. А. Прицепова // Естественные и технические науки. – 2014. – № 11-12(78). – С. 459-460. – EDN TJVVWR.

3. Прицепова, С. А. Оценка косвенного ущерба (последствий) / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 113-115. – EDN GGLBDK.

УДК 331:45

**Наиболее распространенные предпосылки для возникновения чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте**

Калачева О.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** Железнодорожный транспорт, выполняющий огромные объемы перевозок пассажиров и грузов, в том числе опасных и особо опасных, относится к отраслям народного хозяйства с повышенным риском возникновения аварийных ситуаций.

**Abstract:** Railway transport, which carries out large volumes of passenger and cargo transportation, including hazardous and extremely hazardous cargo, is a sector of the national economy with a high risk of accidents.

**Ключевые слова:** физический износ, нарушение правил эксплуатации, терроризм, рост плотности

**Keywords:** physical wear and tear, violations of operating rules, terrorism, and increased density

Железнодорожный транспорт, выполняющий огромные объемы перевозок пассажиров и грузов, в том числе опасных и особо опасных, относится к отраслям народного хозяйства с повышенным риском возникновения аварийных ситуаций.

Общие причины происшествий на железнодорожном транспорте:

- естественный физический износ технических средств,
- нарушение правил эксплуатации,
- усложнение технологий,
- увеличение численности, мощности и скорости транспортных средств,
- терроризм,
- рост плотности населения вблизи железнодорожных объектов,
- несоблюдение населением правил личной безопасности.

Чаще всего происходит сход подвижного состава с рельсов, столкновения, наезды на препятствия на переездах, пожары и взрывы непосредственно в вагонах.

Не исключаются размыты железнодорожных путей, обвалы, оползни, наводнения. При перевозке опасных грузов, таких как газы, легковоспламеняющиеся, взрывоопасные, едкие, ядовитые и радиоактивные вещества, происходят взрывы, пожары цистерн и других вагонов.

Ликвидировать такие аварии довольно сложно. Состав железных дорог считался наиболее безопасным видом транспорта. Однако более строгий анализ показывает, что по показателям безопасности движения железнодорожный транспорт занимает третье место после автомобильного и воздушного.

Статические данные 16 последних лет свидетельствуют о значительном числе пострадавших и погибших в результате крушений пассажирских поездов. Аварийные ситуации при перевозке по железным дорогам опасных и особо опасных грузов приводят

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

к значительным разрушениям, заражению местности и поражению токсичными веществами больших масс людей

При организации аварийно-спасательных работ по ликвидации последствий транспортных аварий и катастроф необходимо учитывать следующие их особенности:

- аварии и катастрофы происходят в пути следования, как правило, внезапно, в большинстве случаев при высокой скорости движения транспорта, что приводит к телесным повреждениям у пострадавших, часто к возникновению у них шокового состояния, нередко к гибели; несвоевременное получение достоверной информации о случившемся, что ведет к запаздыванию помощи, к росту числа жертв, в том числе из-за отсутствия навыков выживания у пострадавших;

- отсутствие, как правило, на начальном этапе работ специальной техники, необходимых средств тушения пожаров и трудности в организации эффективных способов эвакуации из аварийных транспортных средств;

- трудность в определении числа пострадавших на месте аварии или катастрофы, сложность отправки большого их количества в медицинские учреждения с учетом требуемой специфики лечения;

- усложнение обстановки в случае аварии транспортных средств, перевозящих опасные вещества;

- необходимость организации поиска останков погибших и вещественных доказательств катастрофы часто на больших площадях;

- необходимость организации приема, размещения и обслуживания (питание, услуги связи, транспортировка и др.) прибывающих родственников пострадавших и организация отправки погибших к местам их захоронения;

- необходимость скорейшего возобновления движения по транспортным коммуникациям.

Характерными особенностями железнодорожного транспорта являются:

- большая масса подвижного состава (общая масса грузового поезда составляет 3 – 4 тыс. тонн, масса пассажирского состава – около 1 тыс. тонн, масса одной цистерны – 80–100 тонн);

- высокая скорость передвижения состава (до 200 км/час), а экстренный тормозной путь составляет несколько сотен метров;

- наличие на пути следования опасных участков дорог (мосты, тоннели, спуски, подъемы, переезды, сортировочные горки);

- наличие электрического тока высокого напряжения (до 30 кВ);

- влияние человеческого фактора на причины аварии (управление локомотивом, комплектование состава, диспетчерское обслуживание);

- многообразие поражающих факторов и возможность их комбинированных сочетаний

### Список литературы

1. Прицепова, С. А. Принципы и методы, используемые при принятии допустимых норм / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 148-152. – EDN RXJUAP.

2. Прицепова, С. А. Профессиональные риски и охрана труда / С. А. Прицепова // Естественные и технические науки. – 2014. – № 11-12(78). – С. 459-460. – EDN TJVVWR.

3. Прицепова, С. А. Оценка косвенного ущерба (последствий) / С. А. Прицепова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 113-115. – EDN GGLBDK.

УДК 621.51:536.24

**Анализ стационарных средств газификации сжиженных газов**

Кокарев А.М., Гуньков М.Е., Шульгин Д.Ю.

*ВУНЦ BBC BVA*

*Аннотация.* В данной статье проведен анализ стационарных газификационных средств сжиженных газов их характеристики, а также раскрыты преимущества и недостатки данных средств.

*Ключевые слова:* кислород, азот, газификация, насос сжиженных газов, резервуар, изоляция.

This article analyzes stationary gasification systems for liquefied gases, their characteristics, and also reveals the advantages and disadvantages of these systems.

*Keywords:* oxygen, nitrogen, gasification, liquefied gas pump, tank, insulation.

В воздухе содержится значительное по объему количество данных газов (78,09 % – азота и 20,95 % – кислорода), что стало определяющим при выборе источника для их получения. Кроме того этот источник сырья практически не исчерпаем [1].

Кислород и азот получают, в основном, в сжиженном виде на газодобывающих предприятиях. Данные газы от мест их производства к потребителю можно транспортировать как в газообразном, так и в жидким виде. Второй вариант требует обязательного наличия у потребителя средств газификации сжиженных газов.

Снабжение жидким кислородом и азотом с последующей газификацией на месте потребления, по сравнению с перевозкой газа в стальных баллонах высокого давления, уменьшает загрузку транспорта в 4...5 раз.

Это обусловлено тем, что при испарении 1 кг жидкого кислорода или 1 кг жидкого азота образуется  $0,75 \text{ м}^3$  и  $0,86 \text{ м}^3$  газа приведенного к нормальным условиям ( $20^\circ\text{C}$  и 760 мм рт. ст.) соответственно. С учетом этого, например, для перевозки 2400  $\text{м}^3$  газообразного кислорода массой 3200 кг требуется четыреста 40-литровых баллонов (каждый вмещает 6  $\text{м}^3$  кислорода, приведенных к нормальным условиям) [2]. Общая масса этих баллонов составляет 27 т. Для перевозки указанного количества кислорода в баллонах потребуется не менее шести автомобилей грузоподъемностью пять тонн. Это же количества кислорода в жидким виде может быть транспортировано одним автомобилем той же грузоподъемности в резервуаре типа ТРЖК-8М порожней массой 1800 кг.

Жидкие криогенные продукты на месте использования переводят в газообразное состояние в специальных устройствах – газификаторах сжиженных газов.

Газификаторы по типу изготовления могут быть стационарные и мобильные (передвижные). В данной работе будут разобраны только стационарные газификационные установки.

Стационарные газификационные установки можно разделить на два типа: высокого и низкого давления выдаваемого продукта. Газификация криогенной жидкости

в газ высокого давления производится с помощью насосов, в газ низкого давления – без насоса [3].

Типовой газификатор низкого давления, изображенный на рисунке 1, представляет собой агрегат, состоящий из цилиндрического вертикального резервуара с порошково-вакуумной изоляцией, испарителя для подъема давления в резервуаре, испарителя для газификации выдаваемой жидкости и шкафа управления, смонтированного на резервуаре.

Испаритель изготавливают из алюминиевых панелей с внутренними каналами, использующих только теплоту окружающего воздуха. Система управления автоматически поддерживает заданные параметры работы газификаторов и не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала. Газификатор обеспечивает выдачу газообразного продукта потребителю с температурой не более чем на 20°C ниже температуры окружающей среды.

Стационарные газификационные установки высокого давления типа СГУ-7КМ и СГУ-7КМ-У, представленные на рисунках 2 и 3, предназначены для хранения жидкого кислорода, азота и аргона с последующей их газификацией в баллоны либо в другие емкости до давления 16,2; 22,5; 34,3; и 41,2 МПа (165; 230; 350 и 420 кгс/см<sup>2</sup>) [4]. Перечисленные установки безопасны в работе, обслуживаются одним человеком. Специальное оборудование стационарных газификационных установок высокого давления работает от внешнего источника электропитания.

Газификационная установка состоит из транспортного резервуара, насоса погружного типа, испарителя для газификации выдаваемой жидкости, электрощита и узла раздачи газа потребителям [4]. Транспортный резервуар (изоляция резервуара вакуумно-порошковая) снабжен специальной горловиной для погружения в него насоса.

Насос однолинейный, одноступенчатый, вертикальный, плунжерный, погружного типа с фторопластовым уплотнением штока. Испаритель для газификации выдаваемой жидкости – змеевик, помещенный в стальной кожух, – заполненный водой. Кожух испарителя двухстенный с изоляционной прослойкой из микропоры. На передней панели электрощита смонтированы пусковая и защитная аппаратура и щит приборов.



Рисунок 1 – Газификатор сжиженных газов низкого давления



Рисунок 2 – Стационарная газификационная установка СГУ-7КМ



Рисунок 3 – Стационарная газификационная установка СГУ-7КМ-У

Стационарные газификаторы СГУ-7КМ и СГУ-7КМ-У различаются резервуарами, СГУ-7КМ включает в себя цистерну горизонтального типа ЦТК-1,6/0,25-1 (ТРЖК-7У), а СГУ-7КМ-У вертикальный резервуар РТВ-1,8/0,25.

Основные технические данные, используемых газификационных установок приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики стационарных установок

№ п/п	Наименование показателя	СГУ-7КМ	СГУ-7КМ-У
1	Производительность установок по наполнению: а) при нагнетании до 41,2 МПа (420 кгс/см <sup>2</sup> ) - по газообразному кислороду, м <sup>3</sup> /с - по газообразному азоту, м <sup>3</sup> /с б) при нагнетании до 34,3 МПа (350 кгс/см <sup>2</sup> ) - по газообразному кислороду, м <sup>3</sup> /с (м <sup>3</sup> /ч) - по газообразному азоту, м <sup>3</sup> /с (м <sup>3</sup> /ч) в) при нагнетании до 22,5 МПа (230 кгс/см <sup>2</sup> ) - по газообразному кислороду, м <sup>3</sup> /с (м <sup>3</sup> /ч) - по газообразному азоту, м <sup>3</sup> /с (м <sup>3</sup> /ч) г) при нагнетании до 16,5 МПа (165 кгс/см <sup>2</sup> ) - по газообразному кислороду, м <sup>3</sup> /с (м <sup>3</sup> /ч) - по газообразному азоту, м <sup>3</sup> /с (м <sup>3</sup> /ч)	0,072±0,011 0,058±0,01  0,076±0,011 0,062±0,01  0,086±0,011 0,07±0,01  0,09±0,011 0,072±0,01	0,061±0,0055 0,044±0,004
2	Максимальное давление назообразного продукта, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	41,2 (420)	40,0 (400)
3	Температура выдываемого газообразного продукта, К (°C)	от 273 до 303 (от 0 до 30)	333 (60)
4	Потребляемая мощность установкой, кВт, более	59	59

№ п/п	Наименование показателя	СГУ-7КМ	СГУ-7КМ-У
5	Количества жидкого продукта, заливаемого в резервуар, кг, не более - кислорода -азота	1990 1430	2000 1440
6	Невыкачиваемый остаток жидкости, кг, не более	300	150
7	Потери жидкого продукта при хранении от самоиспарения при температуре окружающей среды 293 К (20 °C) и барометрическом давлении 0,1 МПа (760 мм.рт.ст), кг/ч, не более - кислорода -азота	1,2 1,4	0,87 0,9
8	Габаритные размеры, мм, не более - длина - ширина - высота	3530 2540 2170	2500 2560 2375
9	Масса (без жидкости в резервуаре и испарителе и без ЗИП), кг, не более	2250	1750

Проведенный анализ стационарных средств газификации сжиженных газов позволяет выделить следующее:

- основным преимуществом стационарных средств газификации низкого давления является использование атмосферного испарителя и отсутствие необходимости наличия для работы источника электроэнергии. Данные преимущества обусловлены низкой производительностью газификационных установок по газообразному продукту, которая напрямую связана с габаритами испарительного блока.

- к основным недостаткам стационарных газификационных установок высокого давления можно отнести необходимость использования жидкостного испарителя и обязательное наличие источника электрической энергии.

#### Библиографический список

- Архаров А.М. Основы криологии. Энтропийно-статистический анализ низкотемпературных систем. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 507 с.
- Архаров А.М. Криогенные системы. В 2 т. Т.1. Основы теории расчета. – М.: Машиностроение, 1996. – 576 с.
- Корольков Ю.И. Газификационные установки: Учебное пособие Ч.І, ВВВАІУ, 1992. – 123 с.
- Руководство по эксплуатации установки газификационной стационарной СГУ-7КМ-У. КВ 0420.00.000-02 РЭ. М: 2001. – 82 с.

УДК 621.51:536.24

**Рациональная компоновка органов управления блоком разделения воздуха газодобывающей станции малой производительности**

*Кокарев А.М., Шульгин Д.Ю., Гуньков М.Е.*

*ВУНЦ ВВС ВВА*

*Аннотация.* В данной статье рассматривается вопрос рациональной компоновки органов управления блоком разделения воздуха газодобывающей станции малой производительности с учетом опыта ее работы. Предложен вариант размещения органов управления блоком разделения воздуха, который позволит снизить гидравлические сопротивления и потери холода в блоке разделения воздуха, а также создать благоприятные условия оператору при ведении технологического режима.

*Ключевые слова:* газодобывающая станция, ректификационная колонна, органы управления, интерфейс, блок разделения воздуха.

This article examines the issue of rational arrangement of control units of the air separation units of a low-capacity gas production station, taking into account the experience of its operation. A variant of the placement of the air separation unit controls has been proposed, which will reduce hydraulic resistance and cold losses in the air separation unit, as well as create favorable conditions for the operator when maintaining the process mode.

**Keywords:** gas production stations, distillation column, governing bodies, interface, air separation unit.

Возрастающая потребность в сжатых и сжиженых газах, продиктованная стремительным развитием нефтегазовой и горнодобывающей промышленности, в районах, находящихся на значительном удалении от заводов по производству продуктов разделения воздуха, определяет необходимость повышения эффективности газодобывающих станций малой производительности [1].

Чтобы удовлетворить потребности в сжатых и сжиженых газах нефтегазовой и горнодобывающей промышленности в отдаленных районах, была создана ОАО НПО «Гелиймаш» транспортабельная кислородоазотодобывающая станция ТКДС-100В, в которой по сравнению с предыдущей автомобильной кислородоазотодобывающей станции АКДС-70М2 использован компрессор с повышенной подачей сжатого воздуха на 14%, установлены ректификационные колонны высокого и низкого давления большего диаметра с модифицированной обвязкой, применена частичная автоматизация основных узлов и агрегатов станции [2].

Опыт эксплуатации станции ТКДС-100В показал, что компоновка органов управления блока разделения воздуха (БРВ) разработана нерациональна. Некоторые запорные вентиля на щите управления БРВ используется однократно при выходе или переводе блока станции на соответствующие режимы (азотный или кислородный). Трубопроводы, соединяющие запорные вентиля и аппараты в которых регулируются потоки имеют значительную протяженность и большое количество изгибов, тем самым создают излишние гидравлические сопротивления и потери холода. Нерациональное размещение органов управления БРВ оказывается на производительности станции по жидкому азоту и кислороду, а также ведения и контроля технологического режима [3].

Кроме того, рабочее место оператора БРВ не в полном объеме удовлетворяет требованиям эргономики т.к. оператору необходимо в течение длительного времени (6-8 часов) контролировать параметры ведения технологического режима. Контрольно-измерительные приборы на щите управления БРВ (рис. 1) размещены высоко, соответственно, угол обзора оператора превышает 15° по вертикальной плоскости по

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

отношению к горизонтали (от нормальной линии взгляда), что влечет за собой утомляемость обслуживающего персонала и как следствие приведения к аварийной ситуации.

Исходя из вышеизложенного, предлагаем разместить органы управления и контрольно-измерительные приборы (КИП) на щите БРВ в соответствии с рисунками 2 и 3.

На рисунке 2 изображен щит управления БРВ с контрольно-измерительными приборами и запорными клапанами, такое размещение КИП позволит оператору не перенапрягать шейные позвонки и эффективно контролировать технологические параметры.



Рисунок 1 – Щит управления блока разделения воздуха

Расположение запорной арматуры не участвующей в ведении (управлении) технологического процесса (3-1, 3-2, 3-5, 3-8, 3-9, 3-10, 3-13) целесообразно разместить на левой стороне БРВ, как показано на рисунке 3, с целью уменьшения гидравлических и тепловых потерь.

Предложенная компоновка блока разделения воздуха и расположение органов управления может корректироваться с учетом размещения теплообменных аппаратов БРВ и их геометрических размеров.

Кроме того, предлагается изменить интерфейс экрана отображения информации, который представлен на рисунке 4.

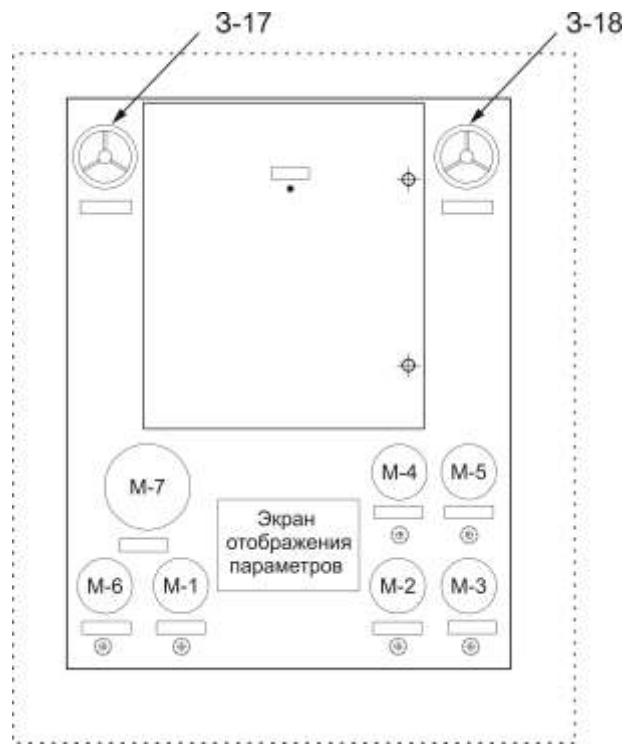


Рисунок 2 – Щит управления БРВ с контрольно-измерительными приборами запорными клапанами

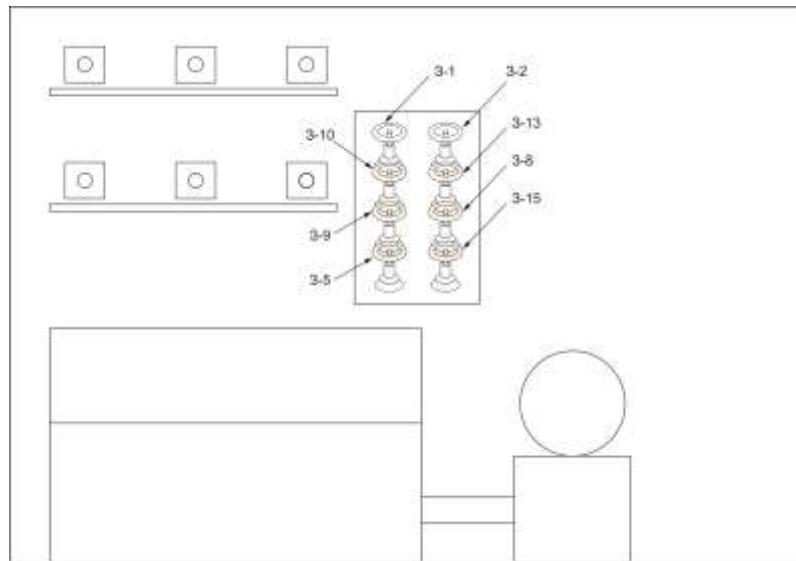


Рисунок 3 – Блок разделения воздуха вид сбоку

Экран отображения параметров технологического отделения индицирует следующие технологические параметры:

- температуру окружающей среды ( $T_{oc}$ );
- давление окружающей среды ( $P_{oc}$ );
- температуру воздуха перед охладителем ( $T1$ );
- температуру воздуха после охладителя ( $T2$ );
- температуру воздуха после блока очистки ( $T3$ );
- температуру отбросного газа ( $T4$ );
- температуру воздуха после детандера ( $T5$ );
- температуру газа перед наполнительной рампой ( $T6$ );

- температуру кубовой жидкости перед рубашкой охлаждения насоса сжиженных газов (T7);
- температуру отбросного газа перед охладителем (T8);
- температуру воздуха после основного теплообменника (T9).

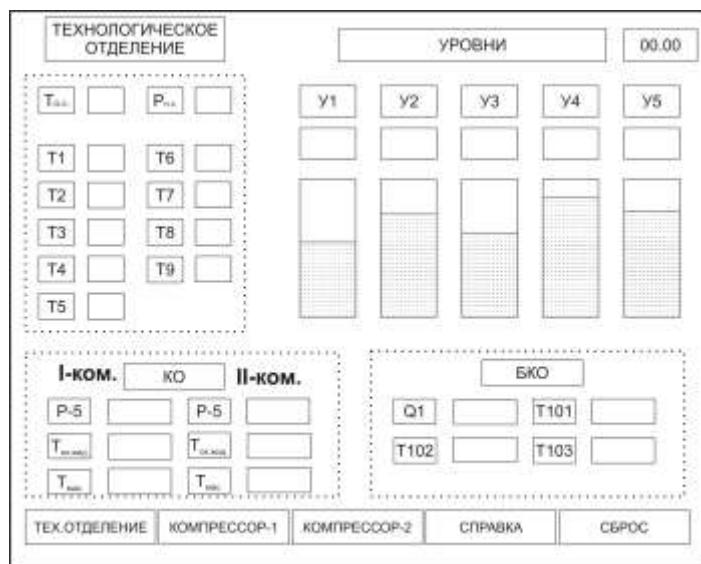


Рисунок 4 – Интерфейс экрана отображения параметров работы технологического отделения

В правой верхней области экрана размещены индикаторы уровня криогенных жидкостей в виде вертикальных шкал.

- уровень (Y1) жидкого воздуха в кубе КВД;
- уровень (Y2) в кармане КВД (жидкий азот);
- уровень (Y3) жидкого кислорода (азота) в емкости БРВ.
- уровень (Y4) жидкого кислорода в межтрубном пространстве конденсатора КНД;
- уровень (Y5) жидкого азота в трубном пространстве конденсатора КНД.

Индикаторы уровня могут корректироваться зависимости от технологической схемы БРВ.

Уровни измеряются в процентах от 0 до 100 %.

В нижней части экрана располагаются следующие графические элементы:

- основные параметры компрессорных агрегатов: давление воздуха после V-ступени (P-5), температуры охлаждающей жидкости ( $T_{ох.жид.}$ ) и масла ( $T_{мас.}$ );
- параметры блока очистки и осушки воздуха: расход отбросного газа идущего для регенерации адсорбента (Q1), температуры регенерирующего газа после подогревателя (T-102) и адсорбера (T-103), а также температуру воздуха поступающего в БРВ для его отогрева (T-101).

Кроме того, в нижней части экрана расположены переходные кнопки «Технол. отд.», «Компрессор-1», «Компрессор-2», «Справка», «Сброс». Первые четыре кнопки осуществляют переход на соответствующий экран.

Таким образом, предложенная компоновка органов управления позволит снизить гидравлические сопротивления и потери холода в БРВ, а также создать благоприятные условия оператору при ведении технологического режима. Представленный измененный интерфейс экрана отображения информации даст возможность оператору более эффективно поддерживать параметры работы станции в заданных значениях и при необходимости оперативно отреагировать на предаварийный режим.

Библиографический список

1 Воробьев А.А. Интенсификация тепломассообмена при ректификации атмосферного воздуха в аппаратах пленочного типа: дис. ... канд. техн. наук 01.04.14 / Воробьев А.А. – Воронеж., 2015. – 124 с.

2. Кокарев А.М., Слюсарев М.И., Гунин А.Л. Анализ работы воздухоразделительной установки ТКДС-100в в режиме получения жидкого азота // Авиакосмические технологии (АКТ-2017): Труды VIII Междунар. науч.-техн. конф. и школы молодых ученых, аспирантов и студентов. – Воронеж: ООО Фирма «Элист», 2017. – С. 167-172

3 Станция кислорододобывающая транспортабельная. Техническое описание и руководство по эксплуатации КВ 0016.00.00.000-02 РЭ. М.: ОАО «НПО Гелиймаш», 2007. – 215 с.

УДК 004.3, 656.256

**Работа с константами из памяти программ в контроллерах UNO**

Кожевников А.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

*Аннотация.* В статье предложено в качестве основы путевого приемника учебного стенда автоблокировки использовать цифровую платформу на основе контроллеров UNO. Рассмотрено дискретное преобразование Фурье как пример алгоритма с масштабным использованием констант. Экспериментально доказано, что несмотря на увеличение времени доступа к постоянным данным, их размещение в памяти программ является наиболее оптимальным вариантом для обозначенных алгоритмов.

*Ключевые слова:* автоблокировка, учебный стенд, дискретное преобразование Фурье (ДПФ), UNO R3, UNO R4, Амур

*Annotation.* The article suggests using a digital platform based on UNO controllers as the basis for a travel receiver of an auto-locking training stand. The discrete Fourier transform is considered as an example of an algorithm with extensive use of constants. It has been experimentally proven that, despite the increased access time to constant data, storing it in program memory is the most optimal approach for these algorithms.

*Keywords:* auto-locking, training stand, discrete Fourier transform (DFT), UNO R3, UNO R4, Amur

В составе промышленных комплексов автоблокировки типа АБТЦ используются путевые приемники, осуществляющие селекцию несущей и модулирующей частоты. Разработка учебных стендов железнодорожной автоматики и телемеханики [1-3] требует внедрения своих устройств, соответствующих скромному масштабу таких систем. Решение обозначенных технических задач на основе типовых цифровых платформ требует их предварительного обследования. Контроллеры семейства Arduino UNO прежде всего нацелены на получение информации с датчиков и выработку простых управляющих воздействий, при том что алгоритмы анализа данных требуют серьезных вычислительных ресурсов. С другой стороны, платформа Arduino – это недорогой и очень развитый электронный конструктор, позволяющий достаточно просто формировать навыки построения автоматических систем, поэтому изучить возможности

контроллеров в части цифровой обработки сигналов, является актуальной задачей. Дополнительным стимулом идти в данном направлении стало появление отечественной разработки ACE-UNO на чипе MIK32 «Амур» [4].

Одним из базовых алгоритмов цифрового анализа спектра сигналов является дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Его особенностью является квадратичный рост количества коэффициентов с увеличением массива выборок (при расчете всего спектра) [5]. Контроллеры UNO ограничены в вычислительных ресурсах, но при этом у всех память программ кратно (а иногда и многократно) превышает по объему память данных (оперативную память, ОЗУ). Целью работы является изложение особенностей масштабного применения констант, извлекаемых из памяти программ, при решении задач на базе контроллеров UNO.

Номенклатура печатных плат в типоразмерах Arduino UNO уж насчитывает несколько образцов, среди которых старая модель UNO R3, ее дальнейшее развитие UNO R4 в двух вариантах, а также отприск политики импортозамещения – отечественная разработка ACE-UNO (рис. 1), характеристики которых представлены в табл. 1. Наличие целого спектра устройств позволит составить более объективную картину вычислительных возможностей для процессоров в данном классе.

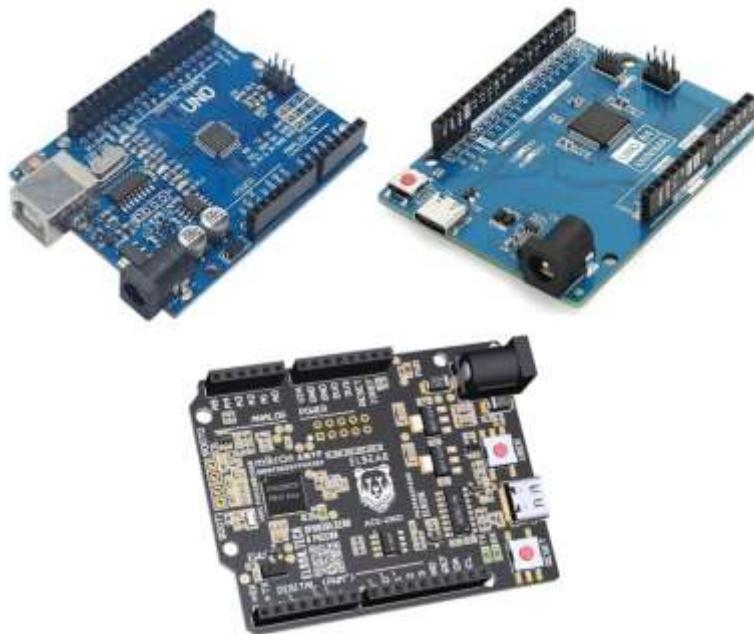


Рис. 1 UNO контроллеры: R3, R4 и ACE-UNO

Табл. 1 Контроллеры семейства UNO

Контроллер	UNO R3	UNO R4	ACE-UNO
Чип	ATmega328p	Renesas RA4M1	MIK32 АМУР
Частота процессора, МГц	16	48	32
Память данных (ОЗУ), кБ	2	32	16
Память программ (Flash), кБ	32	256	8192

В основе алгоритма ДПФ лежит масштабное применение так называемых коэффициентов поворота, имеющих для каждой выборки  $x[i]$  и  $k$ -ой линии спектра действительную (косинус) и мнимую (синус) части. Коэффициенты  $A_k$  и  $B_k$  для определенной  $k$ -ой линии спектра и  $N$  отсчетов с АЦП вычисляются как скалярные произведения:

$$A_k = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x[i] \cdot \cos \frac{2\pi k i}{N}, \text{ при } k=0, \dots, N/2,$$

$$B_k = -\frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x[i] \cdot \sin \frac{2\pi k i}{N}, \text{ при } k=0, \dots, N/2. \quad (1)$$

Другими словами, для получения одной линии спектра нам необходимо  $N$  комплексных коэффициентов поворота, а для всего спектра –  $N^2/2+N$ . Если мы работаем с выборками АЦП, каждая из которых занимает два байта памяти, то для сохранения точности преобразования необходимы также два байта на действительную и два байта на мнимую часть коэффициента. Таким образом, для преобразования  $N$  отсчетов необходимо выделить в памяти программ  $2N^2+4N$  байт под коэффициенты поворота, но прежде чем они там окажутся, их как-то надо рассчитать и задействовать какой-то программный механизм размещения. В редких форумах на данную тему говорится, что можно это сделать внутри самого кода, с хитрым использованием инструкций предпроцессора, но отработать данный вариант у автора не хватило квалификации, поэтому была разработана утилита (рис. 2), которая по количеству  $N$  синтезирует текстовой файл с искомыми данными. Далее полученный файл включается в программу для UNO инструкцией #include "Const\_N10.h".

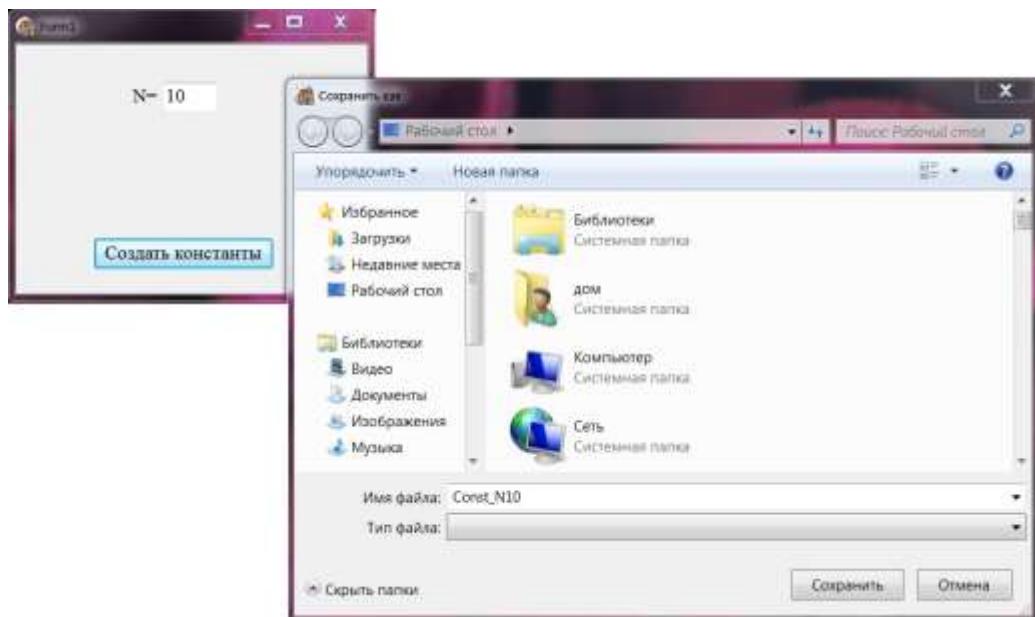


Рис. 2 Утилита для синтеза файла с коэффициентами поворота

Конечно же для этой цели можно использовать и сам контроллер с выводом коэффициентов в монитор последовательного порта, с дальнейшим их копированием в подключаемый файл, но квадратичный рост их количества приводит для  $N>100$  к довольно длительному ожиданию.

Основой размещения и доступа к константам в памяти программ контроллеров UNO является метод PROGMEM. Поскольку мы используем двумерный массив коэффициентов поворота, то файл с константами для  $N=10$  принимает следующий вид.

```
const int N1=10;//количество отсчетов с АЦП
```

```
static const int16_t W_App[(N1>>1)+1][N1] PROGMEM =
{
{1024, 1024, 1024, 1024, 1024, 1024, 1024, 1024, 1024, 1024},
{1024, 828, 316, -316, -828, -1024, -828, -316, 316, 828},
{1024, 316, -828, -828, 316, 1024, 316, -828, -828, 316},
```

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

```
{1024, -316, -828, 828, 316, -1024, 316, 828, -828, -316},  
{1024, -828, 316, 316, -828, 1024, -828, 316, 316, -828},  
{1024, -1024, 1024, -1024, 1024, -1024, 1024, -1024, 1024, -1024}  
};
```

```
static const int16_t W_Bpp[(N1>>1)+1][N1] PROGMEM =  
{  
{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0},  
{0, 601, 973, 973, 601, 0, -601, -973, -973, -601},  
{0, 973, 601, -601, -973, 0, 973, 601, -601, -973},  
{0, 973, -601, -601, 973, 0, -973, 601, 601, -973},  
{0, 601, -973, 973, -601, 0, 601, -973, 973, -601},  
{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}  
};
```

При этом программный код вычисления ДПФ с постоянным обращением к памяти программ имеет следующий вид.

```
for (k = 0; k < ((N>>1)+1); k++) // k=0,..., N/2  
{  
    s_A=0;  
    s_B=0;  
  
    //ссылки на одномерный массив внутри двумерного  
    const int16_t* arrA = W_App[k];  
    const int16_t* arrB = W_Bpp[k];  
  
    for (i = 0; i < N; i++)  
    {  
        //достаем действительную и мнимую часть коэффициента поворота  
        W_A=pgm_read_word(&arrA[i]);  
        W_B=pgm_read_word(&arrB[i]);  
  
        //вычисляем уравнения (1)  
        s_A=s_A + ((long)W_A * x[i]);  
        s_B=s_B + ((long)W_B * x[i]);  
    }  
}
```

Поскольку время выполнения алгоритма ДПФ является важным параметром, определяющим применимость данного контроллера к более широкой задаче, где анализ спектра – это лишь необходимая часть, то естественно возникает вопрос, а насколько быстро осуществляется доступ к памяти программ по сравнению с другими вариантами получения коэффициентов? В первую очередь это касается памяти данных, т.к. она по определению должна быть быстрой (желательно – самой быстрой).

Выполнение ДПФ с константами из оперативной памяти осуществляется несколько быстрее, а для ACE-UNO – почти в два раза, чем при работе с памятью программ, тем не менее вполне сравнимо (рис. 3). При этом решающую роль здесь играет объем ресурса, поэтому наиболее оптимальным вариантом для ДПФ является всё-таки использование констант именно из памяти программ.

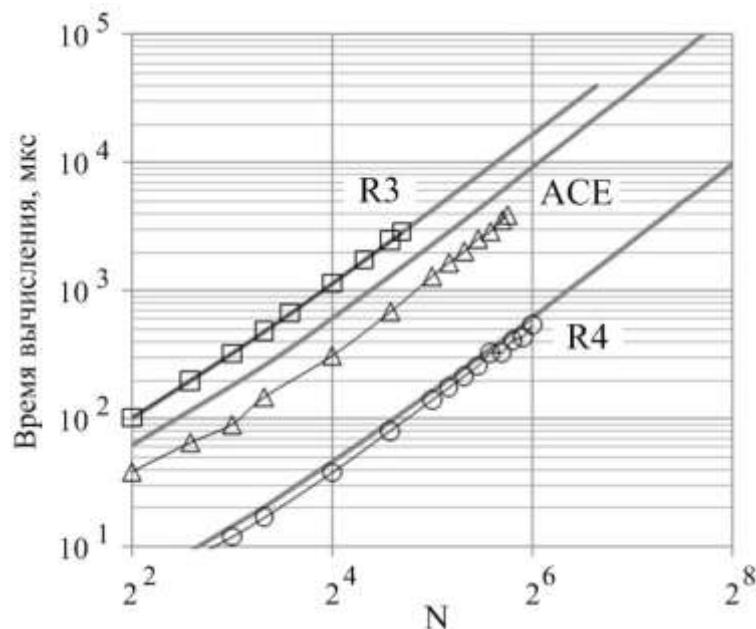


Рис. 3 Время выполнения ДПФ с извлечением констант из памяти данных (линии с маркерами) и памяти программ

Таким образом, в рамках статьи приведен анализ возможностей контроллеров UNO в части использования памяти программ как наиболее оптимального варианта при выполнении алгоритмов с масштабным доступом к константам.

#### Библиографический список

1. Кожевников, А. А. Вычислительные системы комплексов микропроцессорной централизации / А. А. Кожевников, Е. П. Гордиенко // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2024. – Т. 20, № 2(36). – С. 32-43. – EDN INQRQH.
2. Кожевников, А. А. Варианты реализации управляющего звена учебного стенда автоблокировки / А. А. Кожевников, Е. П. Гордиенко, В. А. Мельник // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2024. – Т. 20, № 4(38). – С. 56-65. – EDN THPRXUH.
3. Кожевников, А. А. Разработка микропроцессорной системы управления напольным оборудованием учебного стенда / А. А. Кожевников // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2023. – Т. 19, № 2(32). – С. 14-24. – DOI 10.26200/GSTOU.2023.66.35.002. – EDN CJWTEE.
4. Кожевников, А. А. Новые микроконтроллеры отечественного производства / А. А. Кожевников // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 126-129. – EDN QLNIBA.
5. Кожевников, А. А. Arduino Uno в задаче вычисления линии спектра на основе дискретного преобразования Фурье / А. А. Кожевников // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 227-232. – EDN XMHHFI.

**Подсистемы учебного стенда автоблокировки**

Кожевников А.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация.** В статье изложено представление о конструкции и схеме управления учебным стендом «Цифровые интерфейсы автоблокировки». Основным отличием от рассмотренной ранее реализации является объединение в одном комплексе ЧКАБ и АБТЦ на микропроцессорной основе. Рассмотрены оба режима работы.

**Ключевые слова:** автоблокировка, учебный стенд, микроконтроллеры

**Annotation.** The article provides an overview of the design and control scheme of the "Digital Auto-Locking Interface" training stand. The main difference from the previous implementation is the combination of the microprocessor-based NCAL and ALTC in a single complex. Both modes of operation are discussed.

**Keywords:** auto-locking, training stand, microcontrollers

В отличии от других учебных стендов [1,2], планируемых к разработке для обеспечения дисциплин железнодорожной автоматики и телемеханики высшего образования, комплекс «Цифровые интерфейсы автоблокировки» наиболее насыщен разнотипными задачами с применением микроконтроллеров [3]. НИР и ОКР по данному направлению подходит к этапу формирования конструкторской документации для дальнейшего построения полностью действующего прототипа.

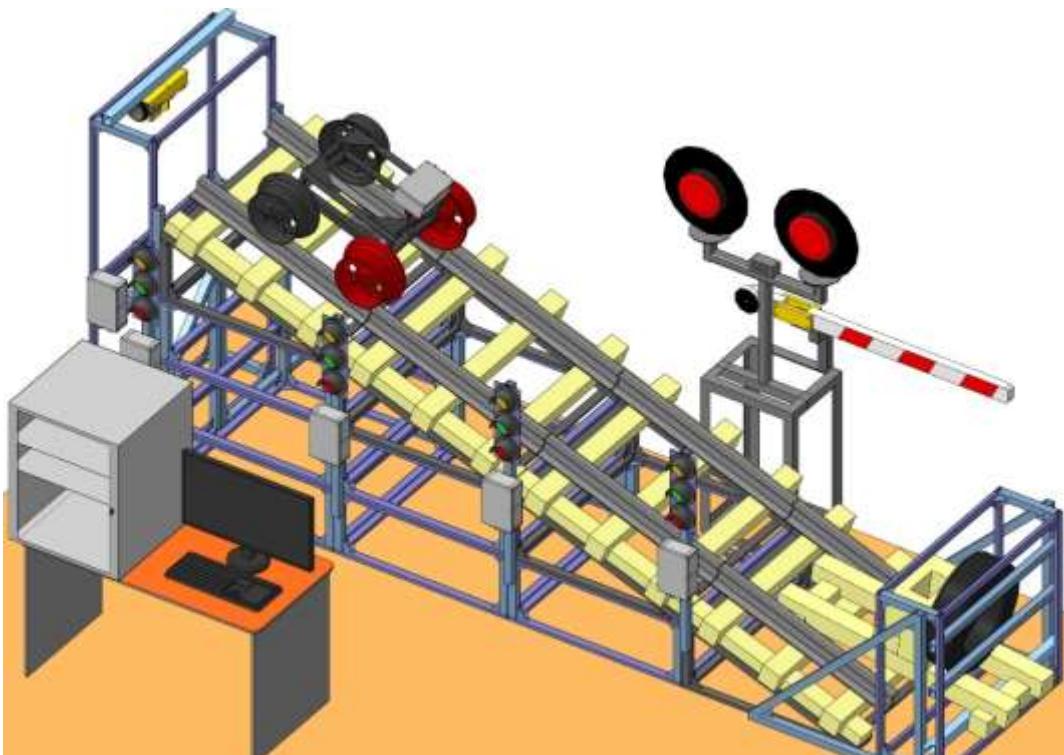


Рис. 1 Виртуальный макет стенда «Цифровые интерфейсы автоблокировки»

Целью работы является изложение текущего представления о функциональных возможностях разрабатываемого учебного стенда «Цифровые интерфейсы автоблокировки».

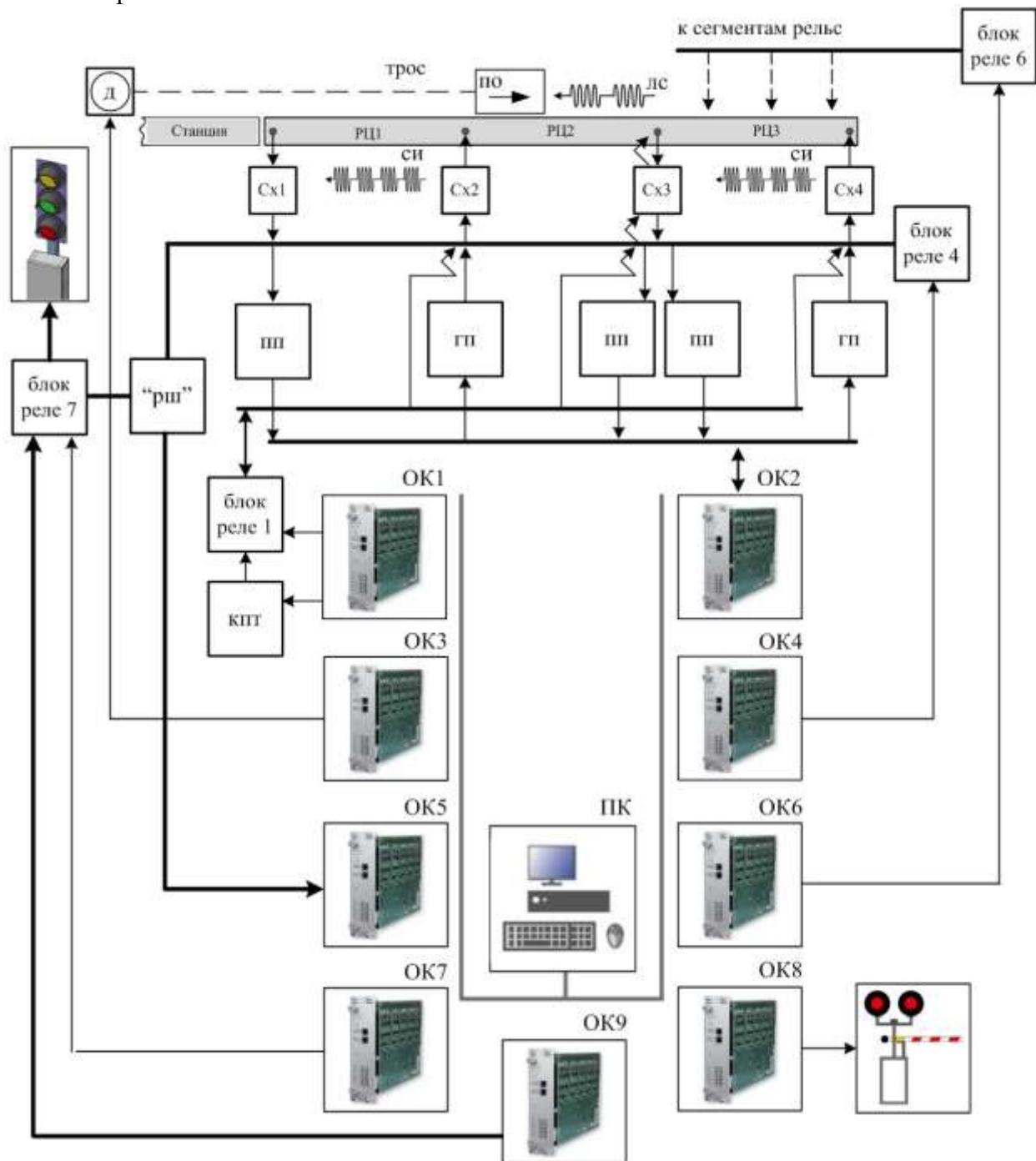


Рис. 2 Схема учебного стенда «Цифровые интерфейсы автоблокировки»

Основным отличием от рассмотренной ранее реализации [3] является объединение в одной конструкции (рис. 1) и схеме управления (рис. 2) двух основных типов автоблокировки: числовой кодовой (ЧКАБ) и с тональными рельсовыми цепями и централизованным размещением аппаратуры (АБТЦ), но для случая микропроцессорной аппаратной базы. Поскольку разрабатываемый комплекс представляет собой учебный стенд, то здесь варианты этих систем обозначены как мЧКАБ-У и мАБТЦ-У. Очевидно, что функционирование в определенный момент может осуществлять лишь одна из этих

двух автоблокировок, поэтому для переключения между ними необходим ряд сервисных подсистем (табл. 1). Согласно предложенной схеме к ним относятся БР4 на основе объектного контроллера (ОК) №4, а также БР6-ОК6 и БР7-ОК7.

Табл. 1 Подсистемы учебного стенда

№ ОК	Подсист.	Описание
1.	АЛС	Подключение АЛС в РЦ мАБТЦ-У
2.	РЦ	Рельсовые цепи в мАБТЦ-У
3.	Д	(Сервисная) Управление движением тележки
4.	БР4	(Сервисная) Подключение "рш" мЧКАБ-У или блоков мАБТЦ-У к РЦ
5.	РЦ от "рш"	Занятость РЦ от условного релейного шкафа ("рш") в мЧКАБ-У
6.	БР6	(Сервисная) Формирование рельса в зависимости от изучаемой системы автоблокировки
7.	БР7	(Сервисная) Подключение светофоров или к "рш" мЧКАБ-У или к мАБТЦ-У
8.	ПС	Управление переездной сигнализацией
9.	СВ	Управление светофорами в мАБТЦ-У

В режиме работы мАБТЦ-У в первую очередь задействованы ОК1 и ОК2, подключающие через схемы Сх1-Сх4 к рельсовым цепям РЦ1-РЦ3 в соответствии с зависимостями автоблокировки локомотивную сигнализацию и импульсы гармонической частоты АБТЦ от путевых генераторов (гп) к приемникам (пп). Движение «поезда» (по) осуществляется подсистемой Д через ОК3. При необходимости реализуется возможность синхронизации работы рельсовых цепей, проходных светофоров и переездной сигнализации.

В режиме мЧКАБ-У рельсы форматируются в состояние с изолированными стыками через ОК6, а к схемам Сх1-Сх4 подключаются условные релейные шкафы ("рш"), содержащие устройства, аналогичные по функциям оригинальным, но на микроконтроллерной основе [4,5] (для решения учебных задач). Также к "рш" коммутируются проходные светофоры, являющиеся обязательным компонентом кодовой автоблокировки. Положение «поезда» отслеживается визуально и на ПК через ОК5.

Таким образом, в рамках статьи приводится практически финальный вариант учебного стенда «Цифровые интерфейсы автоблокировки» как в виде конструкции, так и в виде схемы управления.

#### Библиографический список

1. Кожевников, А. А. Разработка микропроцессорной системы управления напольным оборудованием учебного стенда / А. А. Кожевников // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2023. – Т. 19, № 2(32). – С. 14-24. – DOI 10.26200/GSTOU.2023.66.35.002. – EDN CJWTEE.
2. Кожевников, А. А. Вычислительные системы комплексов микропроцессорной централизации / А. А. Кожевников, Е. П. Гордиенко // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2024. – Т. 20, № 2(36). – С. 32-43. – EDN INQRQH.
3. Кожевников, А. А. Варианты реализации управляющего звена учебного стенда автоблокировки / А. А. Кожевников, Е. П. Гордиенко, В. А. Мельник // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2024. – Т. 20, № 4(38). – С. 56-65. – EDN THPRXUH.

4. Кожевников, А. А. Новые микроконтроллеры отечественного производства / А. А. Кожевников // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 126-129. – EDN QLNIBA.

5. Кожевников, А. А. Arduino Uno в задаче вычисления линии спектра на основе дискретного преобразования Фурье / А. А. Кожевников // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 227-232. – EDN XMHHFI.

УДК 621.316.99

## Диагностика заземляющих устройств

Копицын С.В., Климентов Н.И.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы определения напряжения на заземляющем устройстве и напряжения прикосновения и варианты устранения неисправностей при отклонении параметров заземляющего устройства от нормы.

**Ключевые слова:** заземляющие устройства, напряжение на заземляющем устройстве, напряжение прикосновения, неисправности и варианты их устранения.

На основании паспорта заземляющего устройства (ЗУ), содержащего схему заземления, основные технические данные, сведения о результатах проверки его состояния, о характере ремонтов и изменениях, внесенных в данное устройство и по исполнительным чертежам и схемам с указанием расположения элементов контура заземления, определяются места, где необходимо произвести замену или восстановление заземлителя.

**Определение напряжения на заземляющем устройстве.** Напряжение на ЗУ определяют, как произведение измеренного сопротивления заземляющего устройства на потенциалоповышающий ток –  $U_{3y} = R_{3y} \cdot I_{in}$ .

В качестве потенциалоповышающего тока замыкания на землю принимается:

в электроустановках напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью – ток однофазного замыкания на землю;

в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухо заземлённой нейтралью напряжение на ЗУ не нормируется и не определяется;

в электроустановках напряжением выше 1 кВ, принадлежащих сети с изолированной нейтралью – ток двойного замыкания на землю;

в электроустановках напряжением выше 1 кВ, принадлежащих сети с эффективно заземлённой нейтралью, но не имеющих заземлённой нейтрали в самой электроустановке – ток однофазного короткого замыкания;

в электроустановках напряжением выше 1 кВ, принадлежащих сети с эффективно заземлённой нейтралью, и имеющих заземлённые нейтрали силовых трансформаторов в самой электроустановке, – суммарный ток нулевой последовательности, подтекающий по всем присоединениям при коротком замыкании на территории электроустановки.

В электроустановках, принадлежащих сети с эффективно заземлённой нейтралью, и имеющих заземлённые нейтрали силовых трансформаторов в самой электроустановке, потенциалоповышающие токи определяются при однофазных

коротких замыканиях на шинах всех распределительных устройств (РУ), и в качестве расчётного тока выбирается наибольший.

Если на подстанции имеется несколько РУ различного напряжения, то расчет проводят для режимов КЗ на каждом РУ. По результатам расчетов определяют наибольшее значение напряжения на ЗУ подстанции.

При расчете напряжения на ЗУ в сети с изолированной нейтралью одна из точек двойного замыкания на землю должна быть принята вне ЗУ (на отходящей линии электропередачи, на опоре, ближайшей к ПС, вне подхода, защищённого тросом при его наличии).

**Определение напряжения прикосновения.** Напряжение прикосновения в электроустановках напряжением 110 кВ и выше измеряют при имитации КЗ на землю, а в электроустановках от 6 до 35 кВ – при имитации двойного замыкания на землю.

По исполнительной схеме выбирают контрольные точки измерений (не менее 5 для каждого РУ) в местах наибольших значений сопротивления металлического оборудования с ЗУ на рабочих местах и на остальном оборудовании.

Принципиальная схема измерений напряжения прикосновения представлена на рисунке 1. При измерении напряжения прикосновения в электроустановках напряжением 110 кВ и выше сопротивление тела человека моделируется резистором  $R_{ч} = 1 \text{ кОм}$ , а в электроустановках напряжением 6 - 35 кВ – резистором  $R_{ч} = 1 \text{ кОм}$  при воздействии до одной секунды и резистором  $R_{ч} = 6 \text{ кОм}$  при воздействии более одной секунды.

Сопротивление растеканию тока с ног человека должно моделироваться с помощью квадратной пластины размером  $25 \times 25 \text{ см}^2$ , которая располагается на поверхности земли (пола) на расстоянии от 0,8 до 1 м от оборудования, в местах возможного нахождения человека.

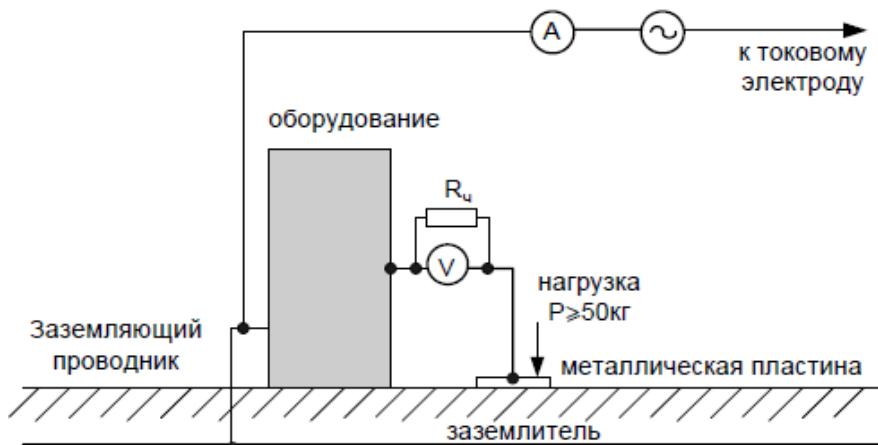


Рисунок 1 – Схема измерения напряжения прикосновения

Токовый электрод размещают таким образом, чтобы возможно точнее имитировать токовую цепь, возникающую при замыкании на землю. При измерении напряжения прикосновения на территории РУ напряжением 110 кВ и выше, питание которого осуществляется от одной или нескольких воздушных линий (ВЛ), токовый электрод переносят от края заземлителя не менее, чем на  $2D$ , где  $D$  – максимальный размер заземлителя.

Если подстанция располагается на застроенной территории, то для уменьшения наводки напряжения на токовую цепь рабочим током ВЛ токовый электрод переносят не менее, чем на 200 м от подстанции и в сторону от питающих ВЛ примерно на 100 м.

Если измерения выполняют на РУ напряжением 110 кВ, с шин которого осуществляется питание нагрузки, а питание шин в свою очередь осуществляется от автотрансформатора с высшим напряжением от 220 до 1150 кВ, токовый электрод следует присоединять к нейтрали питающего автотрансформатора.

Проводники токовой и потенциальной цепей должны подключаться к заземленному оборудованию отдельными струбцинами. При этом проводник токовой цепи присоединяют к заземляющему проводнику, а проводник потенциальной цепи может быть подсоединен к этому же заземляющему проводнику или к любой точке металлоконструкции, т.е. к месту возможного прикосновения

При измерении на нерабочем месте токовый вывод прибора присоединяют к заземляющему проводнику корпуса ближайшего оборудования, по которому может протекать ток короткого замыкания.

Напряжение прикосновения определяется по выражению

$$U_{np} = I_3 * (U_{изм} / I_{изм}),$$

где  $I_3$  – значение тока замыкания на землю в месте измерения, а  $(U_{изм} / I_{изм})$  – сопротивление, измеренное прибором.

Напряжение прикосновения также может быть определено по выражению

$$U_{np} = U_{ожид} - U_{осн} = I_3 * (U_{изм}/I_{изм}) * R_4 / (R_4 + R_{осн}),$$

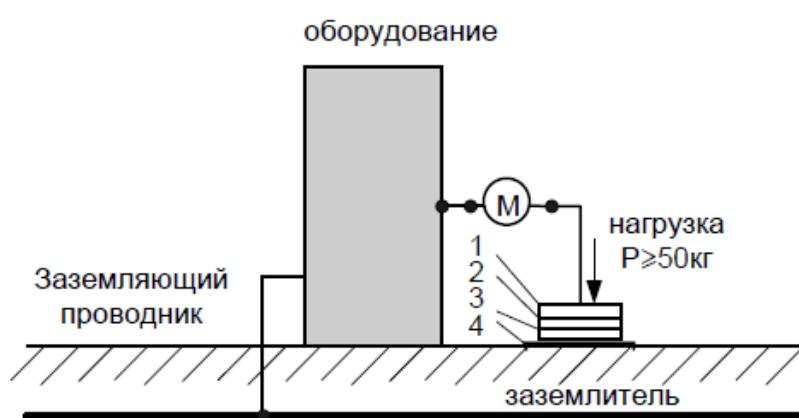
где  $U_{ожид}$  – ожидаемое напряжение прикосновения, равное разности потенциалов между заземленными частями оборудования и поверхностью земли (пола) в месте нахождения человека;

$U_{осн}$  – напряжение на сопротивлении основания;

$R_{осн}$  – сопротивление растеканию тока с человека.

При этом для определения напряжения прикосновения измеряются ожидаемые напряжения прикосновения и сопротивление основания в контрольных точках (рисунок 2). Определение сопротивления основания рекомендуется проводить у каждой точки измерения. Сопротивление  $R_{осн}$  измеряют мегаомметром.

По результатам измерений рассчитывают напряжение прикосновения.



М - мегаомметр, 1 - доска, 2 - поролон, 3 - медная сетка; 4 - мокрая ткань.

Рисунок 2 – Схема измерения сопротивления основания

В соответствии с требованиями ГОСТ, напряжения прикосновения при нормальном режиме работы электроустановки не должны превышать допустимых значений (для переменного напряжения частотой 50 Гц – 2 В).

Напряжения прикосновения к открытым проводящим частям рекомендуется измерять в следующих местах:

- у мест заземлённых нейтралей трансформаторов (в том числе трансформаторов собственных нужд), автотрансформаторов, шунтирующих реакторов, а также у мест заземления дугогасящих реакторов или резисторов;
- у калиток внутренних ограждений наружной электроустановки;
- у периферийных открытых проводящих частей электроустановки, в частности, у калиток внешних ограждений;
- у стоек конденсаторов связи.

Ожидаемые напряжения прикосновения измеряют при помощи вольтметра переменного тока с большим внутренним сопротивлением. Один конец вольтметра присоединяют к металлическому штырю, который погружают в грунт на расстоянии 1 м от оборудования, на глубину 0,4 м, другой – к открытой проводящей части. Если измеренное ожидаемое напряжение прикосновения оказывается выше 2 В, производят измерение напряжения прикосновения повторно при шунтировании вольтметра сопротивлением 6 кОм по схеме подсоединения вольтметра по рисунку 1.

При пофазном заземлении нулевых точек фаз автотрансформаторных групп это напряжение может быть опасным. Измерение напряжения в этом случае следует провести при помощи изолирующей штанги, к которой прикрепляется проводник от вольтметра, предназначенный для подсоединения к оборудованию.

Рассмотрим варианты устранения неисправностей при отклонении параметров заземляющего устройства от нормы.

Если напряжение прикосновения на заземляющем устройстве выше нормы:

- при значительном превышении измеренного значения над средним по подстанции производится откопка заземляющего проводника, отыскивается место разрыва (в том числе плохой контакт в сварном соединении) и соединяется сваркой;
- производится подсыпка щебня, гальки толщиной от 10 до 20 см на площади, за пределы которой человек не выходит при производстве оперативного переключения на данном присоединении;
- укладывается на глубину 0,1 м сетчатый заземлитель из круглой стали диаметром не менее 6 мм и соединяется его с заземляющим проводником. Ячейка сетки 0,5 мм × 0,5 мм;
- на бетонные плиты, находящиеся постоянно во влажном состоянии, расстилаются резиновые коврики;
- в отдельных случаях временно допускается распоряжением по предприятию обязать персонал производить переключения в изолирующей обуви.

Если обнаружены коррозионные повреждения:

- при малом сечении заземляющих проводников производится их замена на круглые проводники большего сечения, выбранные по термической устойчивости и увеличенные (по диаметру не менее чем на 2 мм) по условиям коррозии;
- при заметной коррозии изолируются места входа в грунт заземляющих проводников с помощью ПХВ-ленты на 20 см выше и ниже поверхности грунта;
- при обнаружении коррозии сварных соединений они очищаются от коррозии и изолируются ПХВ-лентой;
- при повреждениях водовода заменяются трубы и к местам, соответствующим выявленным повреждениям, привариваются проводники из круглой стали диаметром не менее 12 мм, проложив их по кратчайшему пути к ближайшему горизонтальному заземлителю.

При обнаружении слабых металлокомплексов:

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

- при их отсутствии выполняется восстановление, используя круглые проводники соответствующего сечения;
- прокладывается связь между открытым распределительным устройством (ОРУ) и местом заземления нейтралей трансформаторов сталью круглого сечения диаметром не менее 12 мм, максимально используя пути перекатки трансформаторов;
- для усиления связи используется грозозащитный трос ВЛ от трансформаторов к ОРУ, с проверкой его на термическую устойчивость;
- прокладываются дополнительные проводники (не менее двух) из круглой стали диаметром не менее 12 мм между ЗУ различных ОРУ таким образом, чтобы шунтировать ОРУ с обеих сторон.

При прочих ненормальностях, в том числе в работе релейной защиты, автоматики, связи, при КЗ на подстанции по невыясненным причинам, обращаться в специализированные организации.

По окончании работ электроды засыпаются однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора.

### Заключительные мероприятия, оформление результатов работы:

Оформление завершения работы и вывода бригады организуют в порядке, установленном Правилами безопасности при эксплуатации электроустановок тяговых подстанций и районов электроснабжения железных дорог ОАО «РЖД», утвержденными распоряжением ОАО «РЖД».

Результаты работы оформляются записью в книге произведенных работ.

Данные о замене (капитальном ремонте) заземляющих устройств и результаты измерений оформляются протоколом.

### Список литературы

1. Мамедов, Г. М. К расчету устройств автоматического регулирования с встречно-параллельным корректирующим устройством / Г. М. Мамедов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 15 ноября 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 88-91. – EDN IOGTCK.
2. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.
3. Евстигнеев, М. И. Комплексная проверка состояния и ремонт контактной подвески / М. И. Евстигнеев, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 64-71. – EDN SFSYBR.
4. Мамедов, Г. М. Электротехника и электроника. Основы электроники : учебное пособие / Г. М. Мамедов ; Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; Московский гос. ун-т путей сообщ.. – Москва : РОАТ, 2011. – 59 с. – ISBN 978-5-7473-0577-9. – EDN QMLYTR.

5. Исследование характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором с использованием Labview технологий / А. А. Кнутов, И. Ю. Никитин, Н. И. Климентов, Г. М. Мамедов // Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники : Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции, Воронеж, 15–16 мая 2017 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 81-86. – EDN ZVVXXV.

УДК 621.316.99

### **Измерение сопротивлений заземляющих устройств**

Копицын С.В., Климентов Н.И.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы технического обслуживания и контроля состояния заземляющих устройств, представлена их классификация и приведены методы и схемы измерения сопротивлений заземляющих устройств.

*Ключевые слова:* Заземляющие устройства, классификация, измерение сопротивлений, перспективы развития.

Заземляющее устройство (ЗУ) — это совокупность проводников и заземлителей, предназначенная для обеспечения электрического соединения электроустановок с землей. Основная цель заземления — защита людей, оборудования и подвижного состава от поражения электрическим током, предотвращение аварийных ситуаций и обеспечение устойчивости работы системы электроснабжения.

На железнодорожном транспорте заземляющие устройства имеют особую важность, так как контактная сеть работает под высоким напряжением, и любое нарушение изоляции может привести к аварийной ситуации или поражению электрическим током обслуживающего персонала и пассажиров. Поэтому их проектирование, монтаж и эксплуатация требуют строгого соблюдения нормативных требований и постоянного контроля.

Регулярное техническое обслуживание заземляющих устройств направлено на поддержание их в исправном состоянии и своевременное выявление неисправностей. Оно включает:

- измерение сопротивления заземления специальными приборами;
- проверку состояния соединений и крепежных элементов;
- контроль состояния изоляции заземляющих проводников;
- периодическую проверку состояния грунта вокруг заземлителей (особенно в местах с высокой влажностью и агрессивной средой).

### **Классификация заземляющих устройств**

Заземляющие устройства можно классифицировать по функциональному назначению на следующие типы:

1. Рабочее заземление — обеспечивает стабильное функционирование электрооборудования и корректное функционирование устройств автоматики, сигнализации и защиты.

2. Защитное заземление — предназначено для защиты персонала от поражения электрическим током при пробое изоляции или возникновении аварийных ситуаций.

3. Молниезащитное заземление — защищает оборудование и персонал от ударов молний, направляя ток разряда в землю.

4. Функциональное заземление — обеспечивает корректную работу радио- и телекоммуникационного оборудования, а также систем автоматического управления.

### Измерение сопротивления металлоксвязей

Для определения качества металлоксвязи оборудования с ЗУ должны быть проведены измерения переходного сопротивления контактных соединений ЗУ с оборудованием, выполнена проверка целостности присоединения заземляемого оборудования к ЗУ.

Контактные соединения проверяют осмотром, простукиванием, а также выборочно измерением переходных сопротивлений мостами, микроомметрами и по методу амперметра-вольтметра.

В соответствии с РД 34.45-51.300-97 качественное присоединение к заземлителю обеспечивается при переходном сопротивлении не более 0,05 Ом.

Схема измерения сопротивления контактных соединений методом амперметра-вольтметра (четырехзажимным измерителем сопротивлений) показана на рисунке 1. Сопротивления измеряются в первую очередь у болтовых соединений. Рекомендуется измерить все соединения, подверженные вибрации, например, в районе расположения силовых трансформаторов.

Проверка целостности заземления оборудования должна быть выполнена для всего заземляемого оборудования. Измерение сопротивления металлоксвязи производят четырехзажимным способом по методу «амперметра-вольтметра» – организуют отдельно токовую и потенциальную цепи. При этом не допускается намотка проводов токовой и потенциальной цепей на одну катушку. Расстояние между токовой и потенциальной цепями при раскладке их по территории электроустановки должно быть более 1 м. Присоединение каждой цепи к точке измерения производят отдельной струбциной.

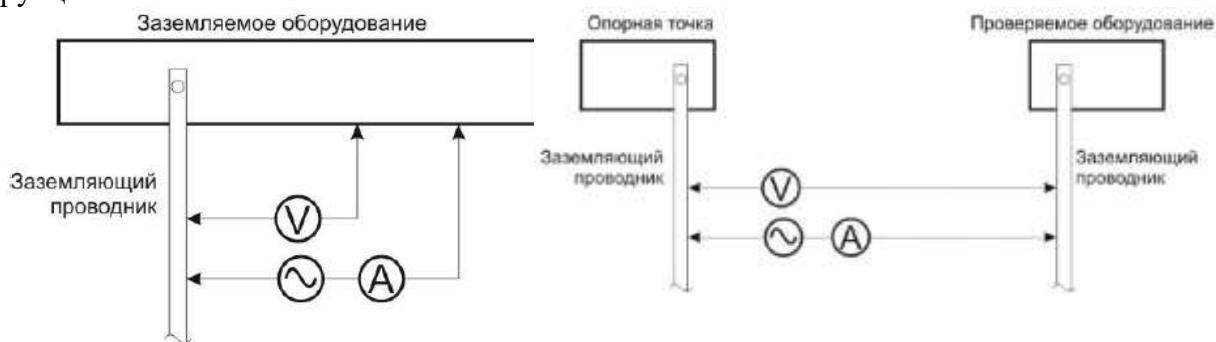


Рисунок 1 – Схема измерения сопротивления контактного соединений

Рисунок 2 – Схема измерения сопротивления металлоксвязи

Проверку целостности заземления оборудования выполняют по схеме рисунка 2 путем измерения сопротивления металлоксвязи между проверяемым оборудованием и некоторой опорной точкой (заземляющим проводником) ЗУ, имеющей металлоксвязь с ЗУ электроустановки менее 0,05 Ом.

В качестве опорных точек в электроустановках 110 кВ и выше выбирают точки заземления нейтралей силовых трансформаторов (Т) или автотрансформаторов (АТ). При наличии двух и более трансформаторов или автотрансформаторов предварительно следует произвести измерения сопротивлений металлоксвязи между точками заземления их нейтралей. Если открытое распределительное устройство (ОРУ) и силовые Т или АТ территориально разнесены на значительное расстояние, за опорные точки на ОРУ могут быть приняты заземляющие проводники, имеющие удовлетворительную металлоксвязь с точкой заземления нейтралей силовых трансформаторов или автотрансформаторов.

В качестве опорных точек в электроустановках выше 1 кВ с изолированной нейтралью или электроустановках 110 кВ и выше без силовых Т или АТ должны быть выбраны металлоконструкции, имеющие наибольшее количество заземляющих проводников и естественных заземлителей (металлическое основание закрытых распределительных устройств (ЗРУ), многостоечные металлические порталы и т.п.).

Качество заземления оборудования считается удовлетворительным, если измеренное сопротивление не превышает

$$R_{MCB}(\text{Ом}) < 2 \text{ (кВ)} / I^1_{KZ} \text{ (кА)},$$

где  $I^1_{KZ}$  – ток короткого замыкания (КЗ) на шинах распределительного устройства

#### **Определение удельного электрического сопротивления грунта**

Для определения удельного электрического сопротивления грунта проводят измерения по методу вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Метод ВЭЗ позволяет выявить электрическую неоднородность структуры грунта – число и толщину слоев с различными значениями удельного электрического сопротивления грунта.

Перед началом измерений на территории объекта выбирают площадку, свободную от подземных коммуникаций (трубопроводы, бронированные кабели и т. п.) и металлоконструкций, влияющих на результаты измерений.

В центре площадки на поверхности земли по одной прямой линии устанавливают четыре электрода и собирают электрическую схему, представленную на рисунке 3. В качестве электродов применяют стальные неокрашенные стержни.

Расстояние MN между потенциальными электродами выбирают из условия -  $MN < AB/3$ .

Глубина погружения потенциальных электродов  $b$  должна удовлетворять условию

$$b < MN/6.$$

Глубина погружения токовых электродов  $d$  должна удовлетворять условию -  $d < AB/6$ .

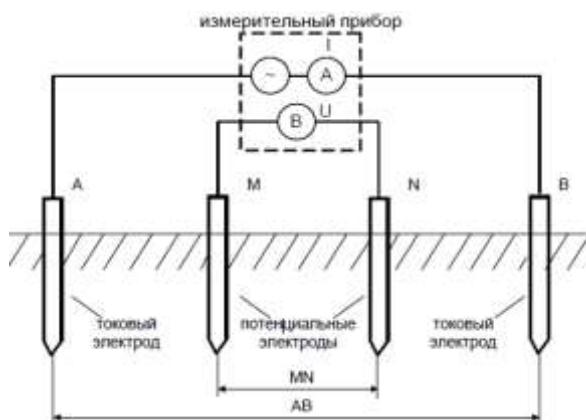


Рисунок 3 – Схема измерительной цепи для определения значений удельного сопротивления грунта

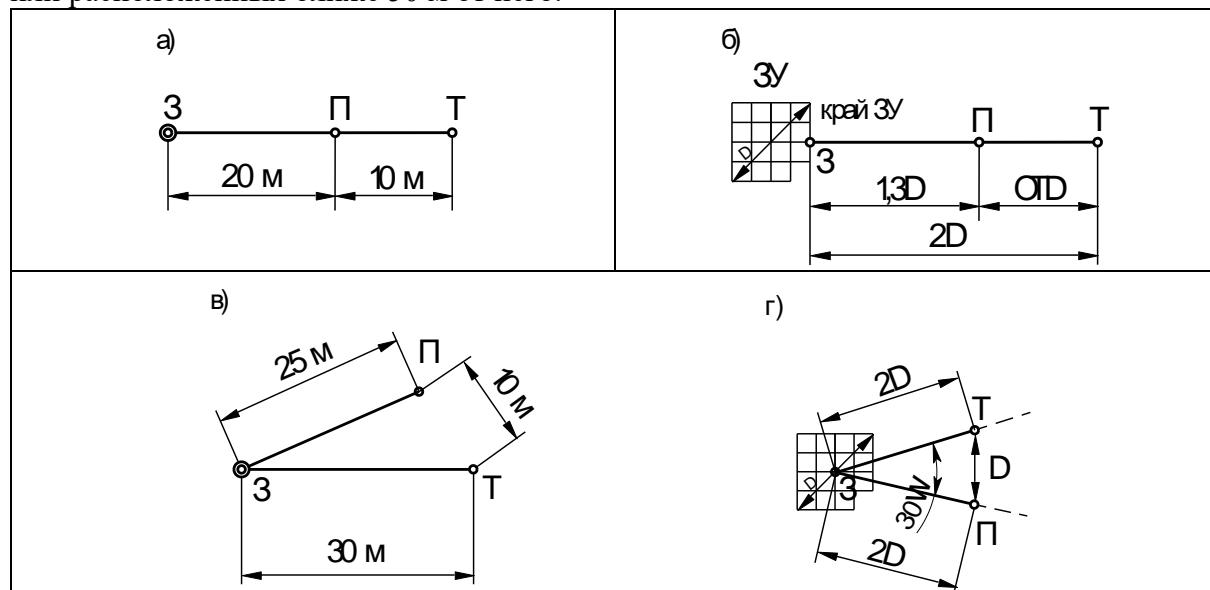
Измерение удельного электрического сопротивления грунта определяется по методике, приведенной в Инструкции по заземлению устройств электроснабжения на электрифицированных железных дорогах.

#### **Измерение сопротивления заземляющего устройства**

Применяют два основных метода измерения сопротивления заземляющих устройств: измерителем заземления или амперметром и вольтметром. Наиболее простым и удобным является метод измерения переносным прибором МС-08 (07) или Ф4103-М1

по однолучевой или двухлучевой схемам расположения измерительных электродов (рисунок 4).

Методика измерений описана в инструкции к прибору. В качестве электродов следует применять стальные неокрашенные и очищенные от ржавчины штыри длиной около 1 м и диаметром от 15 до 20 мм. Забить электроды в грунт в вертикальном направлении на глубину не менее 0,7 м. Токовый электрод Т не должен находиться вблизи подземных металлических коммуникаций, а также железобетонных оснований и фундаментов, имеющих металлическую связь с испытываемым заземляющим контуром, или расположенных ближе 50 м от него.



- а – однолучевая схема измерения сопротивления одиночного заземлителя;
- б – однолучевая схема измерения сопротивления контура заземления;
- в – двухлучевая схема измерения сопротивления одиночного заземлителя;
- г – двухлучевая схема измерения сопротивления контура заземления

Рисунок 4 – Схема измерения сопротивления заземляющего устройства

Для уменьшения переходного сопротивления в плохо проводящих грунтах землю вокруг электродов следует полить слабым раствором поваренной соли (от 0,5 до 2 кг на ведро воды). Для присоединения электродов к приборам следует использовать медные изолированные гибкие провода сечением 1,5  $\text{мм}^2$  при измерениях сопротивлений до 10 Ом и от 2,5 до 4  $\text{мм}^2$  – при измерениях сопротивлений более 10 Ом.

Сопротивление заземляющего устройства должно соответствовать нормам для данного класса напряжения, рода тока и режима нейтрали электроустановки.

#### **Перспективы развития и современные технологии**

С развитием цифровых технологий на железнодорожном транспорте появляются современные методы мониторинга и контроля заземляющих устройств, такие как:

- дистанционный мониторинг состояния заземляющих устройств с использованием датчиков и систем удаленного контроля;
- применение антикоррозийных покрытий и материалов с высокой проводимостью для увеличения срока службы заземлителей;
- использование программного обеспечения для моделирования и расчета оптимальных параметров заземляющих систем.

Заземляющие устройства играют ключевую роль в обеспечении безопасного и надежного электроснабжения контактной сети железных дорог. От их состояния и правильного функционирования зависят безопасность персонала, стабильность работы

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

подвижного состава и предотвращение аварийных ситуаций. Поэтому их проектирование, монтаж и эксплуатация требуют строгого соблюдения нормативных требований и постоянного контроля.

### Список использованных источников

1. Методические рекомендации по проектированию и эксплуатации заземляющих устройств железных дорог. — М.: РЖД, 2019.
2. Мамедов, Г. М. К расчету устройств автоматического регулирования с встречно-параллельным корректирующим устройством / Г. М. Мамедов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 15 ноября 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 88-91. – EDN IOGTCK.
3. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.
4. Евстигнеев, М. И. Комплексная проверка состояния и ремонт контактной подвески / М. И. Евстигнеев, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 64-71. – EDN SFSYBR.
5. Мамедов, Г. М. Электротехника и электроника. Основы электроники : учебное пособие / Г. М. Мамедов ; Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; Московский гос. ун-т путей сообщ.. – Москва : РОАТ, 2011. – 59 с. – ISBN 978-5-7473-0577-9. – EDN QMLYTR.
6. Исследование характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором с использованием Labview технологий / А. А. Кнутов, И. Ю. Никитин, Н. И. Климентов, Г. М. Мамедов // Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники : Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции, Воронеж, 15–16 мая 2017 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 81-86. – EDN ZVVXXV.

УДК: 656.225.078

### **Повышение эффективности использования грузовых вагонов на основе анализа времениостоя на станциях погрузки и выгрузки**

Куныгина Л.В.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** Цель исследования является разработка и апробация методического подхода к снижению сверхнормативного простоя грузовых вагонов на местах общего и необщего пользования (станциях погрузки/выгрузки) в условиях эксплуатации железнодорожного транспорта. Проведен анализ структуры оборота вагона, где ключевое внимание уделено доле времени, затрачиваемой на некоммерческие операции.

На основе статистических данных ОАО "РЖД" и операторов грузовых перевозок выявлены основные организационные и технологические факторы, приводящие к увеличению простоя. Предложена модель экономического стимулирования грузоотправителей (грузополучателей) к ускорению грузовых операций. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации графиков движения, повышения пропускной способности инфраструктуры и снижения дефицита подвижного состава в периоды пиковых нагрузок.

Ключевые слова: оборот вагона, время простоя, некоммерческие операции, коэффициент использования, погрузка/выгрузка, эксплуатационные расходы

**Abstract:** The purpose of the study is to develop and test a methodological approach to reducing the excess downtime of freight wagons at common and non-common use locations (loading/unloading stations) in the context of railway transport operation. The analysis of the wagon turnover structure was conducted, with a focus on the time spent on non-commercial operations. Based on statistical data from Russian Railways and freight transportation operators, the main organizational and technological factors leading to increased downtime were identified. A model of economic incentives for shippers (consignees) to accelerate cargo operations was proposed. The research results can be used to optimize traffic schedules, increase the capacity of the infrastructure, and reduce the shortage of rolling stock during peak periods.

**Keywords:** car turnover, downtime, non-commercial operations, utilization rate, loading/unloading, operational

Эффективное использование грузового подвижного состава является критическим фактором конкурентоспособности железнодорожного транспорта России. Согласно данным ОАО "РЖД", около 70% общего времени нахождения вагона в простое приходится на выполнение грузовых операций, подачу/уборку и ожидание. Увеличение этого времени напрямую ведет к росту потребности в вагонном парке и, как следствие, к удорожанию логистики для конечного потребителя [1-3].

Актуальность темы обусловлена следующими факторами. Во-первых, это проблемы с ликвидностью парка. В периоды пикового спроса (например, вывоз урожая, экспорт угля) наблюдается дефицит вагонов, который усугубляется длительным простоем. Во-вторых, это дисбаланс инфраструктуры. Неравномерная техническая оснащенность подъездных путей предприятий и технических станций РЖД. В-третьих, необходимость интеграции информационных систем перевозчика и грузовладельцев для прозрачного контроля времени нахождения вагона. Последнее можно отнести к этапу цифровизации.

Целью работы является разработка комплекса организационно-технологических рекомендаций, основанных на детальном анализе времени простоя, для сокращения оборота вагона и повышения его производительности. В элементы оборота вагона входят такие нормативные составляющие как:

- время движения;
- время на технические и коммерческие операции на промежуточных и сортировочных станциях;
- время простоя под погрузкой и выгрузкой.

Последний элемент выделяется в ключевой объект исследования. Исследование включает анализ статистических данных ОАО "РЖД" (форма отчетности, касающаяся нерабочего парка и времени нахождения на подъездных путях). Существует нормативно-правовая база, регламентирующая время простоя. Однако на практике сверхнормативный простой остается системной проблемой, в основном связанной с неготовностью грузовых фронтов, медленной маневровой работой на подъездных путях

и бюрократическими задержками при оформлении перевозочных документов (несмотря на внедрение ЭЦП) [4-6].

Анализ данных по двадцати крупных грузообразующим и грузополучающим станциям в ключевых регионах (например, Кузбасс, Урал, портовые узлы) за двухлетний период 2023-2024 годов указывает на фактор деления декомпозиции среднего времени простоя Т{груз} на следующие составляющие:

- t{ож} – ожидание подачи (из-за несогласованности);
- t{гр} – непосредственно погрузка/выгрузка;
- t{док} – оформление документов;
- t{уб} – ожидание уборки.

Расчет потенциальной экономии средств операторов и грузоотправителей получается при сокращении t{ож} и t{док} на 10% и 20%.

Анализ показал, что критическим звеном является время t{ож} (ожидание подачи/уборки) и t{док} (оформление). На ряде крупных промышленных железнодорожных предприятий до 45% всего времени простоя приходится именно на ожидание маневровых операций, вызванное низким взаимодействием работы станционного диспетчера и работников подъездного пути.

Однако следует учитывать тот фактор, что сокращение среднего простоя вагона под одной операцией на  $\Delta t$  приводит к увеличению числа рейсов N{рейс} в год:

$$T = \frac{365}{T - \Delta t}$$

При среднем обороте вагона в 12 суток и его сокращении на 0.5 суток (12 часов простоя), можно получить дополнительные 1.5-2 рейса в год с каждого вагона, что равносильно увеличению общего парка без капитальных затрат. В этом случае целесообразно предложить следующие мероприятия:

- внедрение "Электронного паспорта фронта": Создание единой цифровой платформы между ОАО "РЖД" и крупными грузополучателями/отправителями, позволяющей в режиме реального времени отслеживать готовность фронта (наличие груза, технических средств, специалистов). При помощи данной платформы появится возможность автоматически планировать подачу/уборку вагонов.

- договорное стимулирование. Применение системы динамических штрафов/бонусов. Предлагается снижать плату за использование вагона, если операция завершена в течение 70% нормативного времени, и существенно увеличивать ее при превышении нормативного времени более чем на 50%.

- оптимизация маневровой работы: Использование технологий интеллектуального планирования (ИИ-систем) для построения оптимальных маршрутов и графиков движения маневровых локомотивов на станциях [7-12].

Исследование подтвердило, что ключевой резерв повышения эффективности использования грузовых вагонов в России находится в сфере управления некоммерческими операциями. Снижение времени простоя на станциях погрузки и выгрузки требует не только технологической модернизации, но и организационного и коммерческого реформирования взаимодействия между перевозчиком и клиентом. Реализация предложенных мер, особенно в части цифровизации планирования и внедрения системы экономического стимулирования, позволит существенно сократить оборот вагона, снизить межоперационные расходы, а также повысить общую провозную способность российской железнодорожной сети.

Библиографический список:

1. Буракова, А. В. Исследование ритмичности поступления грузов на предприятие / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 31-36. – EDN MBQPES.

2. Буракова, А. В. Определение продолжительности расформирования составов при различных вариантах технического оснащения грузовых станций / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020) : труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09–11 ноября 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 156-159. – EDN VKBLUK.

3. Буракова, А. В. Оптимизация параметров маршрутной сети городского наземного пассажирского транспорта / А. В. Буракова, С. В. Фенькова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 18-22. – EDN DAYZH2.

4. Попова, Е. А. Новые тренды развития транспортно-логистического сервиса / Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 208-213. – EDN GMDOXW.

5. Попова, Е. А. Система динамического управления тарифами и стимулирования спроса / Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 295-298. – EDN ADSAZO.

6. Попова, Е. А. Методические подходы к формированию макроэкономических эффектов в условиях ускоренного развития транспортного комплекса / Е. А. Попова // Корпоративное управление экономической и финансовой деятельностью на железнодорожном транспорте : Сборник трудов по результатам VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 13–14 декабря 2023 года. – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 169-171. – EDN EYARCW.

7. Журавлева, И. В. Оптимизация материального потока с учетом логистических основ в сфере обращения / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 67-71. – EDN LSHVNE.

8. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCSK.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

9. Журавлева, И. В. Услуги логистического сервиса в условиях доставки скоропортящихся грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 254-257. – EDN MDQGXQ.
10. Белова В. В., Серова Д. С. Определение факторов, влияющих на пропускную способность железнодорожных участков // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. Т. 1. - Хабаровск : ДВГУПС, 2017. С. 124-128.
11. Левин Д. Ю., Павлов В. Л. Расчет и использование пропускной способности железных
12. Мачерет Д. А., Ледней А. Ю. Перспективы развития транспортной инфраструктуры // Транспорт РФ. 2018. № 5 (78).

УДК: 656.222.8:339.138

### **Анализ факторов, определяющих лояльность пассажиров к сервисам высокоскоростного железнодорожного транспорта, и повышение конкурентоспособности ВСМ-проектов**

Куныгина Л.В.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** В статье рассматриваются ключевые факторы, влияющие на формирование лояльности пассажиров к услугам высокоскоростного железнодорожного транспорта (ВСМ) в условиях развития крупных российских проектов. Определено, что высокая скорость и безопасность являются базовыми факторами, тогда как конкурентоспособность ВСМ определяется уровнем предоставляемого сервиса, гибкостью тарифной политики и мультимодальной доступностью станций. Проведен анализ зарубежного опыта (Европа, Азия) и дана оценка применимости выявленных факторов в условиях российского рынка. Предложены практические рекомендации по стратегическому развитию сервисных составляющих для обеспечения устойчивого конкурентного преимущества ВСМ перед авиатранспортом и автомобильными перевозками.

**Ключевые слова:** высокоскоростной железнодорожный транспорт (ВСМ), лояльность пассажиров, конкурентоспособность, качество сервиса, мультимодальность, тарифная политика.

**Abstract:** The article examines the key factors influencing the formation of passenger loyalty to high-speed rail transport (HSR) services in the context of the development of large Russian projects. It is determined that high speed and safety are the basic factors, while the competitiveness of HSR is determined by the level of service provided, the flexibility of tariff policy and the multimodal availability of stations. The analysis of foreign experience (Europe, Asia) is carried out and an assessment of the applicability of the identified factors in the conditions of the Russian market is given. Practical recommendations are proposed for the strategic development of service components to ensure a sustainable competitive advantage of high-speed rail over air transport and road transport.

**Keywords:** high-speed rail transport (HSR), passenger loyalty, competitiveness, service quality, multimodality, tariff policy.

Развитие высокоскоростных железнодорожных магистралей является одним из приоритетных направлений модернизации транспортной системы Российской Федерации. Проекты, подобные потенциальной ВСМ Москва — Санкт-Петербург или Москва — Казань, призваны не только сократить время в пути, но и предложить качественно новый уровень транспортного обслуживания. В условиях конкуренции с авиационным транспортом (на расстояниях до 800–1000 км) и личным автотранспортом, успех ВСМ-проектов определяется не только техническими характеристиками (скорость, безопасность), но и способностью оператора формировать долгосрочную лояльность пассажиров [1-2].

Проблема лояльности в контексте ВСМ является комплексной. Она включает в себя восприятие пассажиром всей цепочки услуг: от покупки билета и доступности вокзала до комфорта в пути и постпродажного обслуживания.

Цель работы - идентифицировать и проанализировать ключевые сервисные и коммерческие факторы, влияющие на лояльность пассажиров ВСМ, и разработать предложения для повышения конкурентоспособности российских ВСМ-проектов [3-5].

Теоретические исследования в области транспортного маркетинга выделяют два основных уровня факторов, влияющих на выбор пассажира, (по модели Кано):

- базовые факторы: те, отсутствие которых вызывает неудовлетворенность, но наличие не формирует лояльность. Для ВСМ это, прежде всего, безопасность (отсутствие инцидентов, надежность движения) и твердость графика.

- мотивирующие (удовлетворяющие) факторы: те, которые формируют приверженность и лояльность. Для ВСМ к ним относятся:

- комфорт и оснащение вагона: качество кресел, наличие Wi-Fi, розеток, уровень шумоизоляции, чистота.

- качество бортового обслуживания: работа персонала, организация питания, доступность информации.

- ценовая политика и программы лояльности: гибкое динамическое ценообразование, скидки, бонусы, возможность накопления баллов.

Ключевым фактором конкурентоспособности ВСМ перед авиацией является доступность и расположение станций. Аэропорты часто удалены от центра города, тогда как вокзалы ВСМ интегрированы в городскую среду, что сокращает общее время путешествия, согласно логистическим принципам "от двери до двери".

Тарифная политика ВСМ должна быть гибкой, чтобы конкурировать с низкобюджетными авиакомпаниями и автотранспортом.

Применение динамической модели ценообразования, зависящей от времени до отправления, дня недели и уровня загрузки, как это реализовано в европейских сетях (например, TGV, ICE). Раннее бронирование должно давать существенную ценовую премию [6-9].

Лояльность формируется через личный опыт и персонализацию. Следовательно, необходимо расширение функционала мобильных приложений для покупки билетов, выбора питания, заказа такси и получения оперативной информации о задержках поездов высокоскоростного железнодорожного транспорта. Использование Big Data для формирования персонализированных предложений, основанных на истории поездок пассажира (например, любимое место, тип питания).

Успешное развитие высокоскоростного железнодорожного транспорта в России требует смены парадигмы: от фокусировки исключительно на скорости к комплексному управлению клиентским опытом. Лояльность пассажиров формируется на уровне мотивирующих факторов: сервиса, доступности, ценовой гибкости и технологичности [10-15].

Основные рекомендации для повышения конкурентоспособности ВСМ-проектов:

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

– приоритизация мультимодальности. Инвестиции в интеграцию вокзальных комплексов с городским транспортом.

– внедрение гибкой тарифной политики. Переход к динамическому ценообразованию, ориентированному на заполняемость и рыночную конъюнктуру.

– повышение качества бортового сервиса. Унификация стандартов обслуживания, обучение персонала как ключевого фактора формирования лояльности.

Реализация этих мер позволит российским ВСМ стать не просто быстрой альтернативой, но и предпочтительным видом транспорта на межрегиональных маршрутах.

### Список использованных источников

1. Акулов, С. А. Маркетинговые стратегии повышения конкурентоспособности высокоскоростных железнодорожных перевозок. Вестник транспорта, № 3, 2022. С. 45–52.
2. Левин, Б. А., & Спиридовон, Э. С. Вопросы формирования клиентской лояльности в системе пассажирских перевозок ОАО "РЖД". Транспортное дело России, № 1, 2021. С. 101–105.
3. Kotler, P., Keller, K. L. Marketing Management. 15th ed. Pearson Education, 2016. (Разделы, посвященные управлению потребительской лояльностью и сервисному маркетингу).
4. Буракова, А. В. Исследование ритмичности поступления грузов на предприятие / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 31-36. – EDN MBQPES.
5. Буракова, А. В. Определение продолжительности расформирования составов при различных вариантах технического оснащения грузовых станций / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020) : труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09–11 ноября 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 156-159. – EDN VKBLUK.
6. Буракова, А. В. Оптимизация параметров маршрутной сети городского наземного пассажирского транспорта / А. В. Буракова, С. В. Фенькова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 18-22. – EDN DAYZH.
7. Попова, Е. А. Новые тренды развития транспортно-логистического сервиса / Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 208-213. – EDN GMDOXW.
8. Попова, Е. А. Система динамического управления тарифами и стимулирования спроса Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 295-298. – EDN ADSAZO.

9. Попова, Е. А. Методические подходы к формированию макроэкономических эффектов в условиях ускоренного развития транспортного комплекса / Е. А. Попова // Корпоративное управление экономической и финансовой деятельностью на железнодорожном транспорте : Сборник трудов по результатам VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 13–14 декабря 2023 года. – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 169-171. – EDN EYARCW.

10. Журавлева, И. В. Оптимизация материального потока с учетом логистических основ в сфере обращения / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 67-71. – EDN LSHVNE.

11. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCSK.

12. Журавлева, И. В. Услуги логистического сервиса в условиях доставки скоропортящихся грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 254-257. – EDN MDQGXQ.

13. Белова В. В., Серова Д. С. Определение факторов, влияющих на пропускную способность железнодорожных участков // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. Т. 1. - Хабаровск : ДВГУПС, 2017. С. 124-128.

14. Левин Д. Ю., Павлов В. Л. Расчет и использование пропускной способности железных

15. Мачерет Д. А., Ледней А. Ю. Перспективы развития транспортной инфраструктуры // Транспорт РФ. 2018. № 5 (78).

УДК 656.2:658.2

### Развитие инфраструктуры и внедрение новых технологических решений на Юго-Восточной железной дороге в условиях роста объемов перевозок грузов

Куныгина Л.В.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация: В статье рассматриваются ключевые направления развития Юго-Восточной железной дороги (ЮВЖД) в рамках масштабной инвестиционной программы ОАО «РЖД». Анализируются мероприятия по модернизации инфраструктуры, внедрению новых технологических решений, а также результаты стратегического взаимодействия с компаниями-грузоотправителями. Приведены данные о росте объемов грузоперевозок, включая контейнерные и по технологии «Грузовой экспресс», и определены перспективы дальнейшего наращивания грузовой базы до 2030 года.

Ключевые слова: ЮВЖД, ОАО «РЖД», инвестиции, модернизация, грузоперевозки, контейнерные перевозки, «Грузовой экспресс», инфраструктура, цифровизация, волоконно-оптические линии.

**Abstract:** The article discusses the key areas of development of the South-Eastern Railway (SER) as part of the large-scale investment program of Russian Railways. It analyzes measures to modernize the infrastructure, introduce new technological solutions, and the results of strategic cooperation with cargo shipping companies. The article provides data on the growth of cargo transportation volumes, including container transportation and the Cargo Express technology, and identifies prospects for further expansion of the cargo base until 2030.

**Keywords:** South-Eastern Railway, Russian Railways, investments, modernization, cargo transportation, container transportation, Cargo Express, infrastructure, digitalization, fiber-optic lines.

Развитие железнодорожного транспорта, в том числе за счет привлечения необходимых инвестиций, является приоритетной задачей ОАО «РЖД», базирующейся на государственных приоритетах. Юго-Восточная железная дорога (ЮВЖД), проходящая по территории 11 регионов, включая Воронежскую, Белгородскую, Липецкую, Тамбовскую и Курскую области, играет важную роль в обеспечении экономической связности регионов Российской Федерации. Масштабная инвестиционная программа магистрали направлена на удовлетворение растущих потребностей клиентов ОАО «РЖД». За последние четыре года объем инвестиций в развитие ЮВЖД составил 88,9 млрд рублей [1-3].

Только в 2023 году в модернизацию ЮВЖД было вложено более 19 млрд рублей. С начала года (на момент публикации) в модернизацию Юго-Восточной магистрали уже инвестировано 2,8 млрд рублей, из которых 1,1 млрд рублей направлено на обновление инфраструктуры.

Среди наиболее значимых инфраструктурных проектов выделяются:

- ввод в эксплуатацию парка на станции Казинка (1,9 млрд рублей).
- реконструкция волоконно-оптических линий на участках Касторная-Новая – Воронеж – Гартмашевка и Ряжск – Воронеж (1,3 млрд рублей).
- восстановление станции Солоти (484 млн рублей)
- ремонт пункта централизованного водоснабжения станции Мичуринск — Уральский (205 млн рублей).
- техническое перевооружение станции Кочетовка-1 (195 млн рублей).

Инвестиционная программа 2024 года позволила существенно модернизировать парк локомотивов. Также была увеличена пропускная способность ЮВЖД за счет строительства и реконструкции почти 218 км железнодорожных путей, двух станций и строительства 581 км квантовых линий.

Важным направлением является цифровизация и обеспечение информационной безопасности. Средства направлялись на модернизацию парка тягового подвижного состава и вагонов, обеспечение информационной безопасности и ИТ-инфраструктуры, а также внедрение ресурсосберегающих технологий.

Продолжается развитие транспортно-логистической инфраструктуры. В марте 2025 года был модернизирован грузовой терминал станции Придача. Мощности площадки удвоились, так как терминал оснащен контейнерным перегружателем-ричстакером грузоподъемностью до 45 тонн. Скорость погрузки данного ричстакера в три раза превышает скорость козлового крана. Теперь возможно единовременно разместить 732 крупнотоннажных контейнера и формировать полноценный

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

контейнерный поезд всего за двое суток. Перерабатывающая способность терминала возросла до 5 тыс. ДФЭ в год [4-5].

Также существенно обновлена инфраструктура станции Воронеж-1, где за последние два месяца (на момент публикации) заменены 16 опор контактной сети, 66 светофоров и отремонтированы три пути общей протяженностью 1280 м.

Руководство ЮВЖД провело стратегическую сессию с основными компаниями-грузоотправителями для повышения эффективности взаимодействия в сфере грузоперевозок и получения обратной связи. В диалоге приняли участие топ-менеджеры крупнейших компаний, таких как ПАО «НЛМК», АО УК «Металлоинвест», ПАО «Северсталь» и ГК «ФосАгро».

В первом полугодии 2025 года ЮВЖД перевезла более 2,5 миллиона тонн груза, что на 1,5% превышает показатели аналогичного периода предыдущего года. Прирост в августе составил 8,8%. Максимальный рост наблюдается в транспортировке промышленных сырьевых ресурсов и строительных материалов. Наиболее востребованными оказались камень, песок, гравий, шлаковые отходы металлургии и дробленый доломит [6-7].

В первом полугодии на грузовых дворах ЮВЖД объем обработки грузов составил около 1,1 млн т, что на 1,7% больше, чем за аналогичный период прошлого года. Рост обусловлен высоким спросом на сырье как внутри России, так и в соседних государствах, а также совершенствованием технологии работы грузовых площадок.

Особое внимание уделяется развитию контейнерных перевозок, увеличению их по технологии «Грузовой экспресс», а также наращиванию объемов транспортировки зерна, продуктов перемола и черных металлов по Международному транспортному коридору «Север — Юг».

В I квартале текущего 2025 года по технологии «Грузовой экспресс» на ЮВЖД было отправлено 69 грузовых поездов, перевезших 189,6 тыс. тонн зерна. Этот показатель более чем в 10 раз превышает результат аналогичного периода прошлого года. В настоящее время такие грузовые составы с фиксированным временем отправления и прибытия курсируют на 21 постоянном направлении.

В целях дальнейшего развития пассажирских и грузовых перевозок по маршруту Москва — Тамбов рассматривается возможность ускорения электрификации участка Ртищево — Кочетовка ЮВЖД.

Благодаря укреплению сотрудничества с ключевыми бизнес-партнерами ЮВЖД планирует к 2030 году значительно нарастить объем перевозимых грузов.

На стратегической сессии железнодорожников также обсуждалось расширение взаимодействия с партнерами в сфере железнодорожного туризма, который активно развивает на Юго-Восточной железной дороге. В арсенале ЮВЖД, помимо популярного «Графского поезда», есть экскурсионные рейсы в музей-заповедник «Дивногорье», туристический поезд «Бобрёнок» и маршруты по местам боевой славы [8-9].

Масштабная инвестиционная деятельность ЮВЖД, направленная на модернизацию инфраструктуры и внедрение передовых технологических решений, включая обновление волоконно-оптических линий и развитие терминалов, демонстрирует значительный рост объемов грузовых перевозок. Стратегическое взаимодействие с компаниями-грузоотправителями и развитие сервисов, в частности, технологии «Грузовой экспресс», служат основой для реализации планов по дальнейшему наращиванию грузовой базы к 2030 году. Реализация мероприятий по электрификации ключевых участков также внесет вклад в развитие транспортного потенциала [10-12].

Библиографический список

1. Мачерет Д. А., Ледней А. Ю. Перспективы развития транспортной инфраструктуры // Транспорт РФ. 2018. № 5 (78).
2. Белова В. В., Серова Д. С. Определение факторов, влияющих на пропускную способность железнодорожных участков // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. Т. 1. - Хабаровск : ДВГУПС, 2017. С. 124-128.
3. Левин Д. Ю., Павлов В. Л. Расчет и использование пропускной способности железных дорог. - М. : Учеб.-метод.
4. Буракова, А. В. Исследование ритмичности поступления грузов на предприятие / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 31-36. – EDN MBQPES.
5. Буракова, А. В. Определение продолжительности расформирования составов при различных вариантах технического оснащения грузовых станций / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020) : труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09–11 ноября 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 156-159. – EDN VKBLUK.
6. Буракова, А. В. Оптимизация параметров маршрутной сети городского наземного пассажирского транспорта / А. В. Буракова, С. В. Фенькова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 18-22. – EDN DAYZHZ.
7. Попова, Е. А. Новые тренды развития транспортно-логистического сервиса / Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 208-213. – EDN GMDOXW.
8. Попова, Е. А. Система динамического управления тарифами и стимулирования спроса / Е. А. Попова, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 295-298. – EDN ADSAZO.
9. Попова, Е. А. Методические подходы к формированию макроэкономических эффектов в условиях ускоренного развития транспортного комплекса / Е. А. Попова // Корпоративное управление экономической и финансовой деятельностью на железнодорожном транспорте : Сборник трудов по результатам VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 13–14 декабря 2023 года. – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 169-171. – EDN EYARCW.
10. Журавлева, И. В. Оптимизация материального потока с учетом логистических основ в сфере обращения / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной

научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 67-71. – EDN LSHVNE.

11. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCK.

12. Журавлева, И. В. Услуги логистического сервиса в условиях доставки скоропортящихся грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 254-257. – EDN MDQGXQ.

УДК 533.697

**Исследование условий радиационного загрязнения на функционирование системы фильтрования приточного воздуха аэродромного кондиционера**

Ланин С.П., Никулин И.Ю., Зайцев Д.В.

*ВУНЦ ВВС ВВА*

*Аннотация.* В данной статье рассматривается вопрос применения системы фильтрования приточного воздуха для аэродромного кондиционера в условиях радиационного загрязнения. Объектом исследования являются системы фильтрования приточного воздуха аэродромных кондиционеров.

*Ключевые слова:* радиоактивные выбросы, системы фильтрации, фильтры, система вентиляции, неорганические материалы, адсорбционный материал.

This article discuss the application of a supply air piloting system for an airfield conditioner in conditions of radiation contamination. The object of research is an airfield air conditioner.

*Keywords:* radioactive emissions, filtration systems, filters, ventilation system, inorganic materials, adsorption material.

Анализ аварии на АЭС Фукусима (Япония) показал, что развитие атомной энергетики должно базироваться на обязательной требовании – радиоактивные выбросы должны быть локализованы системами фильтрации (системами улавливания радиоактивных выбросов). Такие требования могут быть реализованы только при условии разработки новых фильтрующих материалов, сорбентов и систем улавливания радиоактивных выбросов. На их основе. В настоящее время для очистки воздуха от радиоиода используют, в основном, сорбционные насыпные фильтры на основе торфяных активных углей СКТ-3, импрегнированных аминами (СКТ-3И) комбинацией различных материалов – йодидами металлов и аминами (СКТ-3ИК).

В России разработчиком фильтрационного оборудования для систем вентиляции АЭС является ФГУП ГНЦ РФ Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского (ГНЦ РФ-ФЭИ).

В настоящее время взамен угля СКТ-3 ЭНПО «Неорганика» совместно с ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ» разработали сорбент ВСК-5 на основе скорлупы кокосового ореха, импрегнированного ТЭДА и йодидами различных металлов (K, Ba, Zn, Pb Sr) – сорбент ВСК-5ИК, который по своим характеристикам превосходит сорбент СКТ-3ИК по

динамической емкости в 3,5 раза, по прочности на истирание в 1,5 раза. Он предназначен для улавливания летучих соединений радиоактивного йода как в молекулярной, так и в органической формах при температурах среды до 90 °С.

ИФХЭ РАН совместно с ГНЦ РФ-ФЭИ разработали негорючий сорбент «Физхимин» на основе неорганических материалов (силикагель). Сорбционный материал, импрегнированный нитридами серебра «Физхимин» предназначен для очистки парогазовых сред от летучих соединений радиоиода при температурах среды до 300 °С, а также при наличии капельной влаги.

В качестве фильтрующих материалов для предварительной очистки от аэрозолей ГНЦ РФ – ФЭИ совместно с НИИ Нетканых материалов (г. Серпухов) разработали ряд грубоволокнистых полиэфирных материалов. Данные материалы обладают термостойкостью до 1800 °С, стойкостью к воздействию агрессивных сред. Материалы имеют низкое аэродинамическое сопротивление потоку воздуха (16-47 Па) при линейной скорости 30 см/сек и эффективность улавливания аэрозольных частиц диаметром более 3 мкм в диапазоне 75-90 %.

Для тонкой фильтрации разработана высокоэффективная трехслойная стеклобумага с эффективностью улавливания не ниже 99,95 % для аэрозольных частиц размером 0,3 мкм. Очищаемый воздух проходит по ходу очистки три фильтрующих стекловолокнистых слоя, состоящих из волокон различного диаметра 0,8; 0,4; 0,25 мкм соответственно. Таким образом достигается высокая эффективность и высокая удельная аэрозолеемкость фильтроматериала (до 80 г/м<sup>2</sup>), что позволяет увеличить ресурс фильтров по сравнению с зарубежными аналогами.

Высокоэффективная очистка воздуха от радиоактивных веществ – трития, йода, цезия, стронция, бета-частиц их соединений и мелкодисперсные пылеобразные включения заключается в сорбции радиоактивных веществ на поверхности полимерного покрытия.

Известно применение для очистки воздуха от радиоактивного изотопа йода и аэрозолей адсорбционного материала, состоящего из смеси измельченного волокнистого материала и гранулированного материала-носителя, импрегнированного материала-носителя (например, нитрата серебра). Смешивание волокон с гранулами и их импрегнирование производится одновременно в растворе соли металла.

Известен способ очистки воздуха от радиоактивных аэрозолей, оксида углерода, радиоактивного йода, паров соляной кислоты, трития. Фильтрующие элементы блоков очистки газов состоят из ткани ВИОМ-АНЗ, электролитических порошков на основе никеля, сорбентов термоксид 58 и цеолит, которые увеличивают эффективность очистки газового потока от мелкодисперсной фракции радиоактивных аэрозолей, радиоактивного йода и паров воды [1].

Адсорбирующий фильтрующий материал представляет собой систему структурных элементов, хаотически распределенных в пространстве и жестко скрепленных между собой в точках соприкосновения. Для получения материала на поверхность структурных материалов наносят борную кислоту и эмульсию связующего раствора, спекают при 1300 °С структурные элементы между собой, затем пропитывают и сушат при комнатной температуре 1-2 суток, далее при температуре 150-200 °С 1-2 часа. Для очистки газов приводят во взаимодействие поток газов и объемную высокопористую структуру с активированной поверхностью и осуществляют селективную хемосорбцию радиоактивных молекулярных включений и осаждение аэрозолей любого состава [2].

Недостатками существующего способа являются использование вакуумирования фильтрующего материала, высокотемпературного спекания, нескольких процессов термической сушки адсорбционного фильтрующего материала и применение солей

драгоценного металла – серебра. Кроме того, фильтрующий материал не подлежит регенерации и обеспечивает поглощение радиоактивного йода и йодида только при условии принудительной конвекции воздуха. Метод неэффективен для очистки открытого воздушного пространства и скорости воздушных потоков более 3 м/с. Также данный способ неэффективен для очистки воздуха от таких высокорадиоактивных загрязнений как цезий, стронций, тритий и др.

Сущность предлагаемого Обнинским институтом атомной энергетики НИЯУ МИФИ метода высокоэффективной очистки воздуха от радиоактивных веществ: трития, йода, цезия, стронция, бета-частиц их соединений и мелкодисперсных пылеобразных включений заключается в их сорбции на поверхности покрытия из полиуретана поракс-М2, внутри которого находятся электроды из нержавеющей высоколегированной стали. Высота покрытых полимером электродов (1-3 м) и расстояние между ними (2-6 м) предусматривает подачу постоянного тока напряжением 25-50 кВ, устойчивость к атмосферным воздействиям, и способность работать в стационарных, полевых условиях или на мобильной передвижной конструкции. Техническое обслуживание заключается в обесточивании системы и дезактивации поверхности электродов известными способами [3].

Под воздействием высоковольтного электрического поля постоянного тока электрически заряженные радиоактивные элементы и частицы сорбируются идерживаются поверхностью полимерного материала электрода противоположной полярности. Сорбированные радиоактивные элементы по мере насыщения поверхности после снятия высоковольтного электрического поля смываются дезактивирующими раствором и затем продолжают эксплуатацию конструкции.

На волокнах фильтрующей ткани формируются заряды, которые могут сохраняться в течение длительного времени, обеспечивая высокую эффективность улавливания частиц. Частицы поляризуются полем волокна и осаждаются в нем.

Для очистки от йода в аэрозольной форме используют аэрозольные фильтры (угольные фильтры с добавками типа AgNO<sub>3</sub>).

Для аэрозольных фильтров используются тонковолокнистые ткани из волокон перхлорвинала (ФПП) и ацетилцеллюлозы (ФПА).

Таким образом, очистка воздуха аэрозольными фильтрами осуществляется в результате применения аэрозолей на волокнах электростатического осаждения и прилипания частиц в поверхностном слое фильтра.

Системы фильтрации приточного воздуха от радиоактивного заражения являются ключевым элементом защиты аэропортов от ОМП. Они выполняют следующие функции.

Многоступенчатая фильтрация включает в себя механическую фильтрацию, когда применяется удаление крупных частиц пыли, сажи, НЕРА-фильтры, которые задерживают до 99,97% частиц размером от 0,3 микрон, включая бактерии и вирусы, угольные фильтры, которые адсорбируют химические вещества и газы, а также радиоактивные фильтры, представляющие собой специальные материалы, способные улавливать радиоактивные частицы.

Также успешно применяются дополнительные технологии, такие как ультрафиолетовое обеззараживание, обеспечивающее уничтожение биологических патогенов, ионизация воздуха, нейтрализующая вредные вещества. При этом используются системы мониторинга: датчики, которые в реальном времени отслеживают качество воздуха и автоматически блокируют подачу зараженного воздуха.

Технологическими решениями и инновациями являются модульные системы фильтрации, которые позволяют быстро адаптировать системы под конкретные угрозы, использование легко заменяемых фильтров для разных типов загрязнений, интеграция с

системами оповещения, автоматическое оповещение персонала о заражении воздуха, блокировка подачи воздуха и включение резервных систем, использование искусственного интеллекта, анализ данных о качестве воздуха в реальном времени, прогнозирование возможных угроз на основе данных о погоде и военной обстановке.

При экономическом и стратегическом обосновании использования систем фильтрации на аэродромах при радиоактивном заражении выявлено, что затраты на установку систем фильтрации окупаются за счет предотвращения потерь от простоев и повреждения оборудования, снижаются расходы на медицинскую помощь и восстановление персонала.

Применение систем фильтрации приточного воздуха на аэродромных кондиционерах при радиоактивном заражении является стратегической важностью, поскольку аэродромы являются ключевыми объектами для переброски войск, техники и гуманитарной помощи и обеспечение их работоспособности в условиях применения ОМП повышает обороноспособность всей страны.

В результате анализа применения систем фильтрации приточного воздуха выданы рекомендации, касающиеся регулярного обслуживания данных систем, при котором возникает необходимость обучения персонала действиям в условиях применения ОМП; интеграции с другими системами, а значит создания комплексных системы защиты, включая оповещение, дезактивацию и резервное энергоснабжение, проведения проверки и замены фильтров в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

Применение систем фильтрации приточного воздуха для аэродромных кондиционеров является неотъемлемой частью обеспечения безопасности в условиях применения ОМП. Современные технологии позволяют эффективно защищать персонал и оборудование от химических, биологических и радиологических угроз. Инвестиции в такие системы оправданы как с экономической, так и со стратегической точек зрения.

Таким образом, реализация возможностей очистки воздуха в сочетании с другими средствами защиты систем ОВК позволят снизить вероятность поражения людей и загрязнения оборудования биологическими и химическими веществами, находящимися в наружном воздухе. Для оценки общей уязвимости системы защиты необходим тщательный анализ потенциальной угрозы.

#### Библиографический список

1. Беловодский Л.Ф. и др. Передвижная установка для очистки воздуха в закрытых помещениях после аварий (Патент РФ №2232439, Бюл.19, с.568).
2. Дука А.В. и др. Адсорбирующий фильтрующий материал, способ его получения и способ очистки газов от радиоактивных веществ. Патент РФ №2036698, Бюл.16. – с.98).
3. Хладик О.Б., Шварцбах Р.М. Адсорбционный фильтрующий материал. А.С. СССР №952289.

УДК 533.697.5

#### Анализ эффективности использования струйных насосов и компрессоров в системах кондиционирования

Никулин И.Ю., Зайцев Д.В., Ланин С.П.

ВУНЦ ВВС ВВА

**Аннотация.** В данной статье рассматривается вопрос повышения энергоэффективности систем кондиционирования с привлечением к использованию тепловых компрессоров взамен механических.

*Ключевые слова:* климатология, пароэжекторные холодильные циклы, давление потока, диффузор эжектора, энергообмен, струйные насосы, эжекторы.

This article discusses issue of increasing the energy efficiency of air conditioning systems by using thermal compressors instead of mechanical ones.

Keywords: climatology, steam ejector refrigerator cycles, flow pressure, ejector diffuser, energy exchange, slim pumps, ejectors.

На современном этапе инновационного развития общества и науки основной проблемой климатологии является повышение энергоэффективности систем кондиционирования с привлечением к использованию тепловых компрессоров взамен механических.

В современных холодильных машинах и теплонасосных установках используются термодинамические пароэжекторные холодильные циклы, основным агрегатом которых является эжектор. Понятие «эжектор» (лат. ej̄scio (выбрасывать), лат. ejecter (выбрасыватель), фр. ej̄ecteur) подразумевает под собой устройство, в котором происходит передача энергии от одной среды к другой с преобразованием вида энергии. Эжектор, согласно закона Бернулли, создает в сужающемся сечении пониженное давление потока, что вызывает подсос в поток другой среды. То есть, эжектор выполняет две функции в холодильных и теплонасосных циклах: функцию создания высоконапорного (с высоким давлением) потока и функцию создания высокого вакуума (для понижения температуры кипения хладагента).

Основные элементы эжектора: сопло, в котором потенциальная энергия пара преобразуется в кинетическую энергию, и скорость пара возрастает; камера всасывания для приема пассивного потока; камера смешения (рабочая) для смешения активного и пассивного потоков с энергообменом; диффузор, в котором часть кинетической энергии преобразуется в потенциальную с ростом давления и снижением скорости общего потока.

В технике используются три вида эжекторов в качестве насосов, компрессоров, вакуумных насосов-компрессоров:

1. Паровой эжектор – струйный аппарат для отсасывания газов из замкнутого пространства и поддержания разрежения. Применяются для поддержания пониженного давления (создания вакуума) в испарителях пароэжекторных холодильных машин (рис. 1).

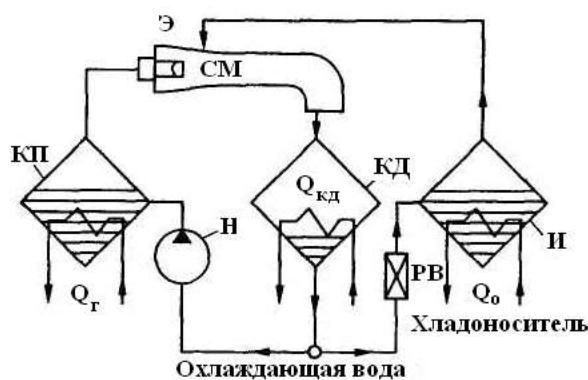


Рисунок 1 – Схема пароэжекторной холодильной машины

В машинах такого типа рабочий пар высокого давления из парогенератора КП направляется в сопло эжектора Э. В сопле потенциальная энергия пара преобразуется в кинетическую энергию, и скорость пара возрастает. Струя рабочего пара, увлекая

холодный пар из испарителя И, смешивается с ним в камере смешения эжектора. Смесь двух потоков направляется в диффузор эжектора, в котором давление смеси повышается вследствие снижения скорости. За счет работы эжектора в испарителе поддерживается постоянный глубокий вакуум для снижения температуры кипения воды (хладагента) до 6-8°C [1, с. 86].

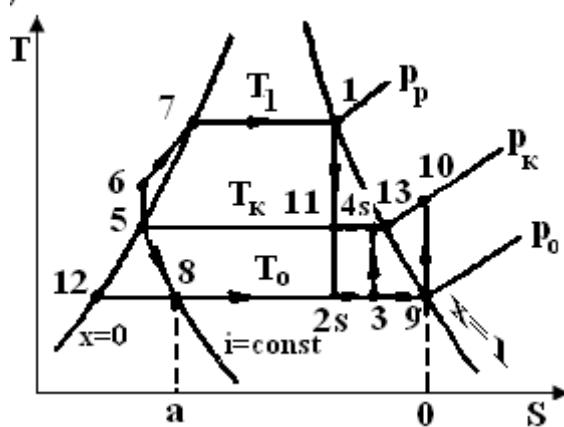


Рисунок 2 – Цикл пароэжекторной холодильной машины на s-T-диаграмме

Процессы, происходящие в составных частях эжектора холодильной машины отображены на рисунке 2. В сопле потенциальная энергия давления преобразуется в кинетическую энергию скорости — процесс 1-2s; в камере смешения происходит энергообмен между потоками — процесс 2s-3-9; в диффузоре кинетическая энергия переходит в потенциальную — процесс 3-4s [2, с. 55].

2. Струйный эжектор — аппарат, использующий энергию струи для отсасывания жидкости из замкнутого пространства. Струйные (эжекторы) насосы используются для увеличения быстроты откачки веществ из емкостей.

Струйные насосы относятся к динамическим насосам трения. У этих насосов отсутствуют вращающиеся части, а поток перекачиваемой жидкости перемещается за счет трения, возникающего между ним и другим (рабочим) потоком жидкости. Рабочий поток жидкости подводится к насосу извне и должен обладать достаточной энергией для обеспечения перекачки жидкости с заданными параметрами. Его можно считать условным рабочим органом данного насоса. Рабочий и перекачиваемый потоки могут быть одной и той же или разными жидкостями [3, с. 245].

3. Газовый эжектор — устройство, в котором избыточное давление высоконапорных газов используется на сжатие газов низкого давления: газ низкого давления попадает в камеру смешения за счет того, что в ней создана область разрежения. Эжекторы данного типа также используются в холодильной технике для повышения давления конденсации хладагентов перед конденсатором с воздушным охлаждением.

Работа эжектора основана на принципе Бернулли. При увеличении скорости движения потока, вокруг него образуется область с низким давлением. Это вызывает эффект разряжения. Среда при этом проходит через сопло, диаметр которого меньше диаметра остальной конструкции. Даже небольшое сужение проходного сечения способно значительно ускорить поток газа. В камере смешения два потока объединяются, в результате формируется смешанный поток. Пройдя камеру смешения, поток устремляется в диффузор, в котором происходит его торможение и рост давления. На выходе из эжектора смешанный поток имеет давление выше, чем давление

низконапорного газа. Важно отметить, что повышение давления низконапорного газа происходит без затрат внешней энергии. Работа эжекторного оборудования основана на использовании элементарных физических законов, позволяет получать эффективные и надежные технические решения с использованием эжектотрной техники (по сравнению с механическими нагнетателями – компрессорами, насосами, вентиляторами и др.)

Газовый эжектор прост по конструкции, надежен в работе, имеет малый срок окупаемости, монтируясь на открытой площадке, работает в широком диапазоне изменения параметров газа, легко переходит с одного режима работы на другой.

Проанализировав высокую вариативность конструкций эжекторов и, учитывая растущую потребность человечества в недорогом и высокотехнологичном холоде, можно отметить, что существенным преимуществом эжекторов как тепловых компрессоров и струйных насосов перед механическими компрессорами и объемными насосами является отсутствие подвижных и врачающихся частей. Они могут перекачивать загрязненные и агрессивные жидкости. Но имеются и недостатки, которые необходимо учитывать при проектировании холодильной техники: невысокие давления на выходе и низкие КПД ( $\eta = 0,20...0,35$ ). Развитие систем кондиционирования в условиях современного общества невозможно без привлечения современных теплоиспользующих холодильных установок, основным энергетическим аппаратом которых предлагается использовать эжекторы.

#### Библиографический список

1. Бараненко А.В., Бухарин Н.Н. Холодильные машины. Учебник для ВУЗов. - Спб.: Политехника, 1997.
2. Маслов В.А., Мищенко М.В. Теоретические основы холодильной техники. Учебник для ВВУЗов - Воронеж: ВАИУ, 2011.
3. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн. /Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А. и др./ Под ред. Айнштейна В.Г. –М., Логос, Высшая школа, 2002. Кн.1.

УДК 657.478.23

#### Расчет плотности сжатых газов, применяемых в авиации

Желтоухов И.В., Воробьев А.А., Кирнос Д.С., Требунских М.С.

ВУНЦ BBC BVA

**Аннотация.** В данной статье рассматривается научно-методический аппарат, позволяющий рассчитать плотность газа в широком диапазоне температур.

**Ключевые слова:** методика, плотность, расчет, кислород, азот.

This article discusses a scientific and methodological apparatus that allows one to calculate the density of a gas over a wide temperature range.

**Keywords:** method, density, calculation, oxygen, nitrogen.

В настоящее время для расчета потребного количества сжатых газов для работы воздушных судов (ВС) применяется нижеприведенный научно-методический аппарат. Однако при сравнении результатов расчета с эмпирическими данными, наблюдается систематическая погрешность в 5-7%, что при длительной продолжительности работы вносит лишний элемент неопределенности в вопросы материально-технического обеспечения полетов. Необходимо изменить научно-методический аппарат для исключения данной погрешности.

Для расчета потребного количества в сжатых газах  $M_{gj}$ , в настоящее время используется формула:

$$M_{gj} = \rho_j \frac{P_j}{P_{\text{атм}}} \cdot V_j, \quad (1)$$

где  $\rho_j$  – плотность газа  $j$ -го типа в бортовой газовой системе ВС, кг/м<sup>3</sup>;  $P_j$  – рабочее давление газа  $j$ -го типа в бортовой газовой системе ВС, МПа;  $P_{\text{атм}}$  – атмосферное давление, принимаемое в расчетах 0,1 МПа,  $V_j$  – гидравлическая емкость бортовой газовой системы  $j$ -го газа ВС, м<sup>3</sup>. В формуле (1) газ, находящийся в системе ВС, рассматривается как идеальный, а не как реальный. Данное допущение может существенно повлиять на результаты расчетов.

Неидеальность газа может быть удобно выражена через коэффициент сжимаемости  $Z$ :

$$Z = \frac{PV\mu}{mRT}, \quad (2)$$

где  $P$  – давление, Па;  $V$  – объем, м<sup>3</sup>;  $\mu$  – молярная масса, кг/моль;  $m$  – масса, кг;  $R$  – универсальная газовая постоянная, R=8,31 Дж/(моль·К);  $T$  – температура, °К. Для идеального газа  $Z=1$ . Для реальных газов обычно  $Z$  меньше единицы, за исключением области очень высоких температур и давлений [1].

Коэффициент сжимаемости для кислорода и азота имеет нелинейный характер зависимости от давления и температуры и его вычисление является сложной практической задачей. Поэтому для расчета массы заправляемого в ВС сжатого газа будем использовать соотношение:

$$M_{gj} = \rho_j(P_j, T) \cdot V_j, \quad (3)$$

где  $\rho_j(P_j, T)$  – плотность газа  $j$ -го типа в бортовой газовой системе ВС при давлении  $P_j$ , МПа, и температуре  $T$ , °К, кг/м<sup>3</sup>.

Сравнение результатов расчета массы заправки систем сжатого кислорода ВС по формулам (1) и (3), например при  $T=300$  °К,  $P=15$  МПа, показывает их расхождение более чем на 6 %. Пренебрежение данным фактом может оказывать существенное влияние на расчетные показатели итоговых потребностей частей и подразделений в сжатых газах.

Дальнейшие расчеты потребного количества сжатых газов, необходимо производить с учетом свойства реального газа – сжимаемости.

Для этого получили зависимости для определения теплофизических свойств кислорода и азота в однофазной области на основе экспериментальных и эмпирических данных из работ [1-4].

На рисунке 1 представлены зависимости плотности азота в однофазной области от его давления и температуры.

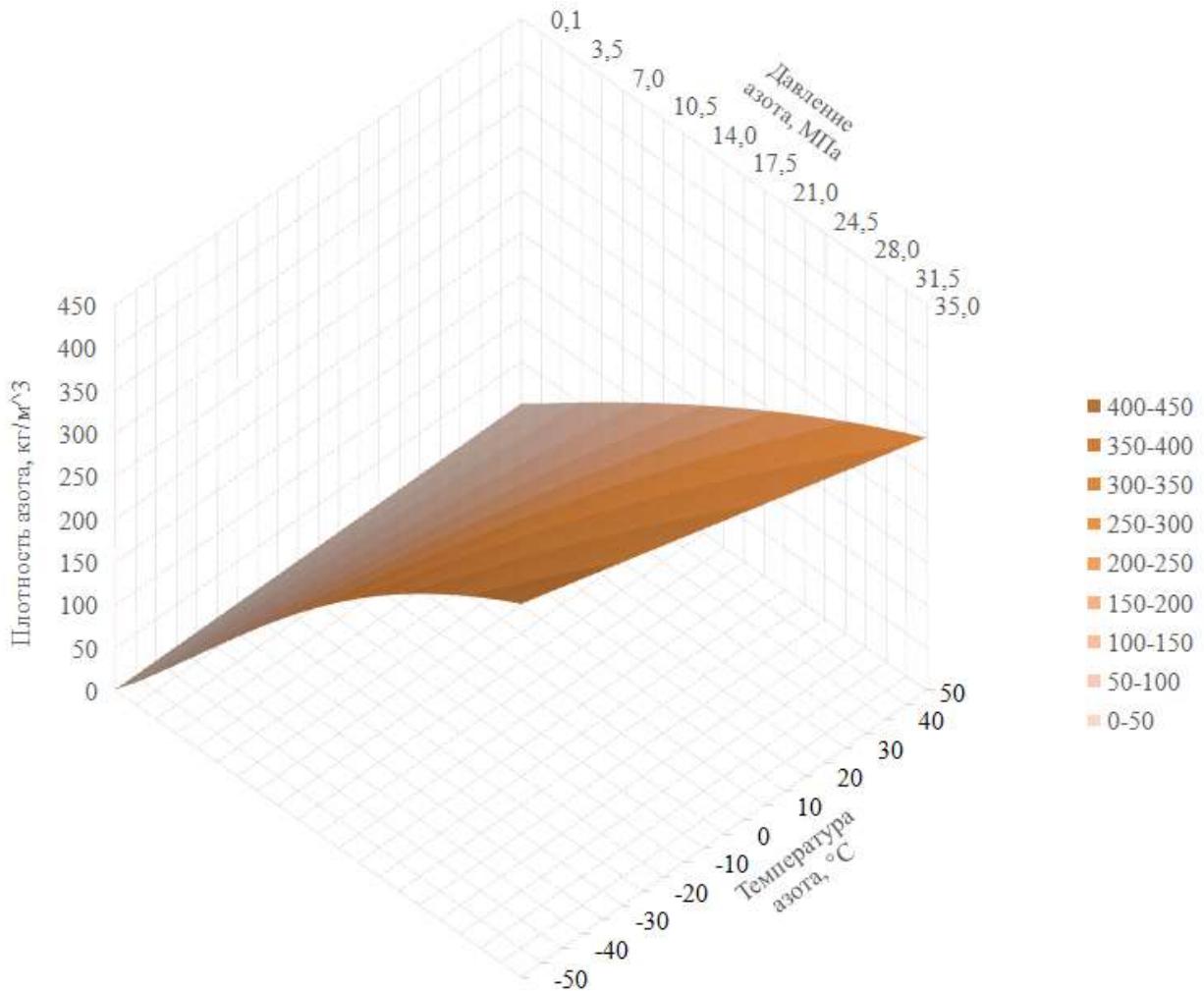


Рисунок 1 – График функции  $\rho_A(P, T)$

Были получены интерполяционные зависимости для полинома 6-го порядка, описывающего взаимосвязь между плотностью газа в однофазной области и его температурой, и давлением для азота:

$$\begin{aligned}
 a_1 &= -0.000157817353; & c_1 &= 0.039877412; \\
 a_2 &= -0.0447943675; & c_2 &= 24.6302646; \\
 a_3 &= 0.0017131655; & c_3 &= 0.526072132; \\
 a_4 &= -3.21516262 \cdot 10^{-6}; & c_4 &= -0.00146419046; \\
 a_5 &= 6.69433013 \cdot 10^{-6}; & c_5 &= -0.00201861646; \\
 a_6 &= -2.22910545 \cdot 10^{-7}; & c_6 &= 6.80498978 \cdot 10^{-5}; \\
 a_7 &= 2.21082259 \cdot 10^{-9}; & c_7 &= -6.74879791 \cdot 10^{-7},
 \end{aligned} \tag{4}$$

где  $a_1, \dots, a_7$  и  $c_1, \dots, c_7$  – эмпирические коэффициенты, входящие в интерполяционные зависимости для определения коэффициентов  $k_1, b_1$  для расчета плотности азота:

$$\begin{aligned} k_1 &= a_1 + a_2 P + a_3 P^2 + a_4 P^3 + a_5 P^4 + a_6 P^5 + a_7 P^6; \\ b_1 &= c_1 + c_2 P + c_3 P^2 + c_4 P^3 + c_5 P^4 + c_6 P^5 + c_7 P^6; \end{aligned} \quad (5)$$

где  $P$  – давление газа, МПа.

Плотность азота в однофазной области  $\rho_A(P, T)$ , кг/м<sup>3</sup>, в зависимости от давления газа  $P$ , МПа, и температуры газа  $T$ , °К, будет определяться из уравнения:

$$\rho_A(P, T) = k_1 T + b_1. \quad (6)$$

На рисунке 2 представлены зависимости плотности кислорода в однофазной области от его давления и температуры.

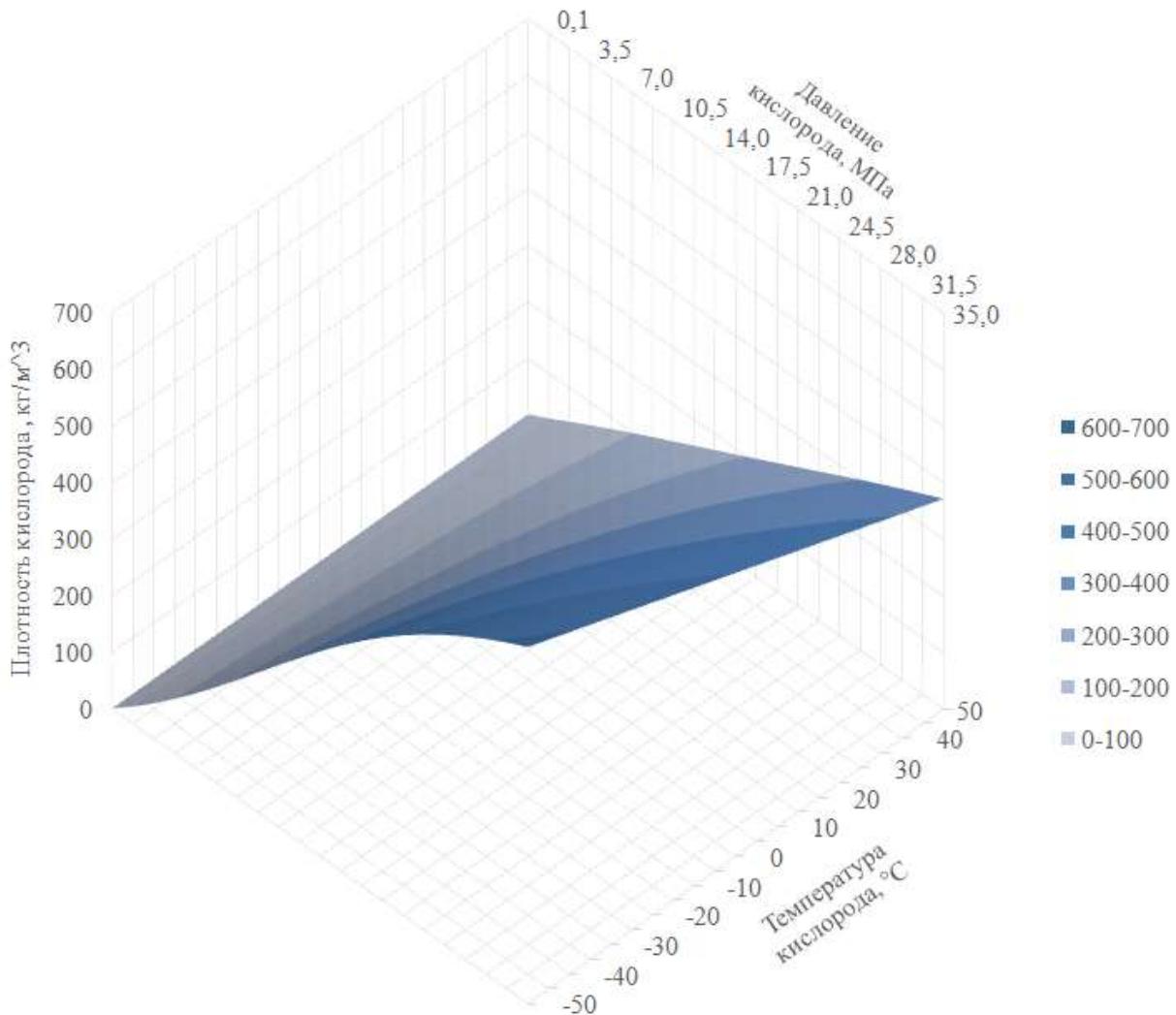


Рисунок 2 – График функции  $\rho_K(P, T)$

Были получены интерполяционные зависимости для полинома 6-го порядка, описывающего взаимосвязь между плотностью газа в однофазной области и его температурой, и давлением для кислорода:

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 0.00218461326; & e_1 &= -0.6370158; \\
 d_2 &= -0.0589990303; & e_2 &= 30.35913; \\
 d_3 &= 3.89856863 \cdot 10^{-5}; & e_3 &= 0.07422364; \\
 d_4 &= -0.000548213667; & e_4 &= 0.1587368; \\
 d_5 &= 3.66150323 \cdot 10^{-5}; & e_5 &= -0.01076811; \\
 d_6 &= -8.48491464 \cdot 10^{-7}; & e_6 &= 0.0002487738; \\
 d_7 &= 6.8302595 \cdot 10^{-9}; & e_7 &= -1.991135 \cdot 10^{-6},
 \end{aligned} \tag{7}$$

где  $d_1,..,d_7$  и  $e_1,..,e_7$  – эмпирические коэффициенты, входящие в интерполяционные зависимости для определения коэффициентов  $k_2, b_2$  для расчета плотности кислорода:

$$\begin{aligned}
 k_2 &= d_1 + d_2 P + d_3 P^2 + d_4 P^3 + d_5 P^4 + d_6 P^5 + d_7 P^6; \\
 b_2 &= e_1 + e_2 P + e_3 P^2 + e_4 P^3 + e_5 P^4 + e_6 P^5 + e_7 P^6;
 \end{aligned} \tag{8}$$

где  $P$  – давление газа, МПа.

Плотность кислорода в однофазной области  $\rho_K(P, T)$ , кг/м<sup>3</sup>, в зависимости от давления газа  $P$ , МПа, и температуры газа  $T$ , °К, будет определяться из уравнения:

$$\rho_K(P, T) = k_2 T + b_2. \tag{9}$$

С помощью уравнений (6) и (9) возможно определение плотностей кислорода и азота в однофазной области в диапазоне давлений от 0,1 до 35 МПа и температурах от 223 до 323°К с относительной погрешностью, не превышающей 0,5 % от экспериментальных и эмпирических данных из работ [1-4], что позволит адекватно и оперативно рассчитывать потребности в сжатых газах.

#### Библиографический список

1. Рид, Р. Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие / Р. Рид, Дж. Праучниц, Т. Шервуд. Пер. с англ. под ред. Б.И. Соколова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1982. – 592 с.
2. Термодинамические свойства кислорода: ГСССД. Серия монографии / В.В. Сычев, А.А. Вассерман, А.Д. Козлов и др. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 304 с.
3. Термодинамические свойства азота: ГСССД. Серия монографии / В.В. Сычев, А.А. Вассерман, А.Д. Козлов и др. – М.: Издательство стандартов, 1977. – 352 с.
4. Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н.Б. Варгафтик. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. – 708 с.

УДК 621.74

**Оптимизация литниково-питающей системы отливки с помощью СКМ «Полигон»**

Печенкина Л.С.<sup>1</sup>, Лукин А.А.<sup>2</sup>

*1.Воронежский государственный Технический университет*

*2.Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Проведена оценка возможностей выбора литниково-питающих систем для отливки с использованием компьютерных технологий. Исследовано затвердевание отливки «Фланец» с помощью компьютерного моделирования литьевых процессов в программе «Полигон»

Ключевые слова: компьютерное моделирование литьевых процессов, затвердевание отливки.

В настоящее время системы компьютерного моделирования СКМ) находят все большее применение в промышленности. В частности СКМ «Полигон», разработанная отечественными специалистами зарекомендовала себя с довольно высокими результатами сходимости в процессе моделирования и реального процесса в литьевом производстве черных и цветных металлов и сплавов. С помощью данной программы возможно производить выбор наиболее оптимальной конструкции литниково-питающей системы отливки (ЛПС), при этом не производя реальной плавки, заливки металла, что свою очередь довольно важно с экономической точки зрения. Она не только позволяет добиться наилучшего эффекта от экономии материальных средств, ресурсов, но и времени, что в свою очередь тоже не маловажно в современном производстве.

Выбор ЛПС производиться путем проб и неизбежных ошибок, которых тем меньше, чем больше опыт инженера-литейщика, разрабатывающего тот или иной тип ЛПС для различных видов литья. Проектирование ЛПС и моделирование процесса заливки, формирования отливки; анализ возникающих дефектов, производится благодаря опыту инженера-литейщика и широким возможностям программы.

Используя СКМ «Полигон» произведена оптимизация ЛПС отливки «Фланец», целью которой было выявление возможности получения четырех бездефектных отливок (вместо одной как на действующем производстве) при неизменной конструкции ЛПС, без переналадки пресс-форм, для повышения коэффициента выхода годного (КВГ). Приведем основные данные отливки-представителя действующего производства ФГУП «Воронежский механический завод»: точность отливки 9-0-0-2 ГОСТ 26645-85, материал – сталь 10Х18Н11БЛ ГОСТ 977-88, масса литой детали – 28 кг (отливки – 6,7 кг, ЛПС – 21,3 кг), габаритные размеры 400×400×270 мм (рисунок 1).

Применительно к литью по выплавляемым моделям данная программа существенно упрощает процесс поиска наилучшего решения, так как ЛВМ является многостадийным и сложным процессом, в котором для создания новой конструкции ЛПС необходимо произвести проектирование пресс-формы для модели, сборку модельного блока, создание оболочки и т. д.

Заводская конструкция модели ЛПС отливки представляет набор унифицированных модельных звеньев, соединенных между собой с габаритными размерами 250×230×370 мм (рисунок 2а), и отличается неэффективным использованием металла прибыли. Предлагается усовершенствовать модельный блок отливки «фланец» действующего производства, не изменяя конструкции модельных звеньев (что очень важно с точки зрения изготовления пресс-форм), а увеличив количество моделей самой отливки с одного до четырех, что может привести к увеличению КВГ (рисунок 2б).

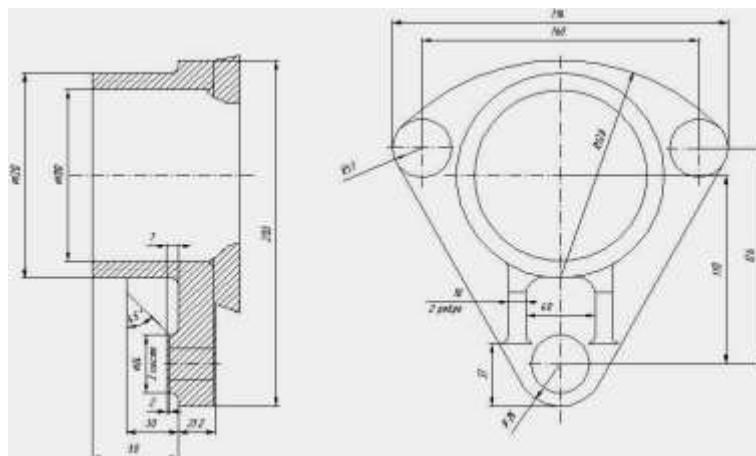


Рисунок 1 – Эскиз отливки «фланец»

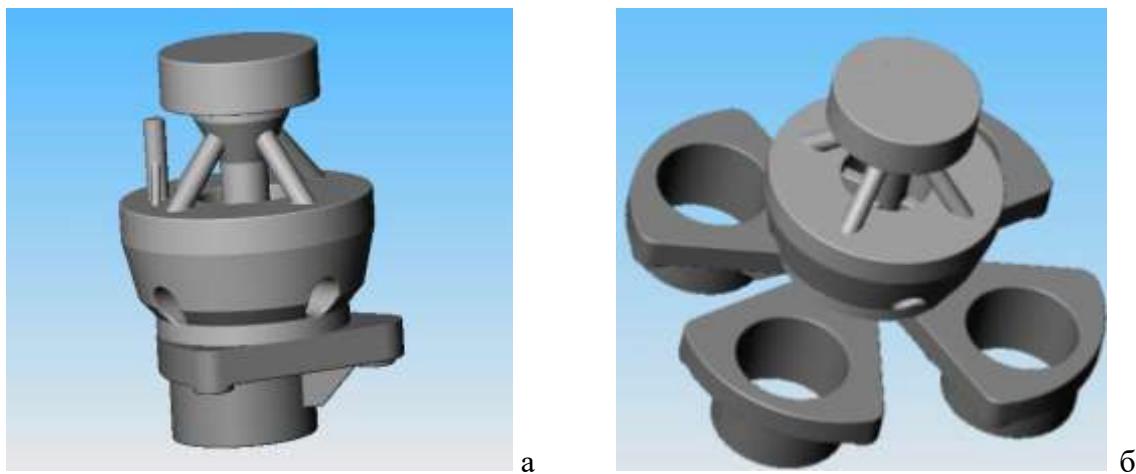


Рисунок 2: а – исходный модельный блок отливки «фланец», б – разработанный модельный блок отливки «фланец»

Но требуется убедиться в возможности обеспечения качества при снижении металлоемкости формы, что позволяет моделировать «Полигон».

При подготовке к расчету была произведена разбивка трехмерной модели на конечно-элементную сетку (рисунок 3).

Далее смоделирована оболочка формы толщиной 10 мм. Для моделирования технологии изготовления отливки в САМ «Полигон» в качестве исходных данных из справочной литературы были выбраны теплофизические свойства стали. Границные условия, задаваемые для расчета в программе, представлены в таблице 1.

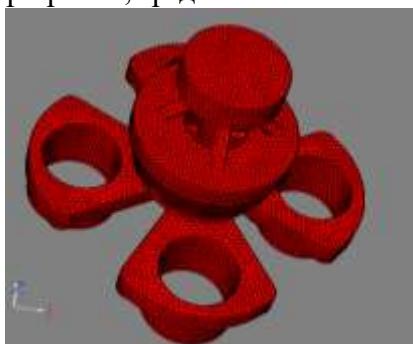


Таблица 1 - Границные условия

Наименование параметра	Величина
Температура ликвидуса	1570 ° С
Температура солидуса	1490 ° С
Температура заливки	1620 ° С
Материал оболочки	керамика
Толщина оболочки	10 мм

Рисунок 3  
Конечно-элементная сетка

Рассчитанный программой процесс затвердевания и формирования усадочных дефектов представлен на рисунке 4 для температур металла в форме 100, 300, и 500 ° С соответственно.

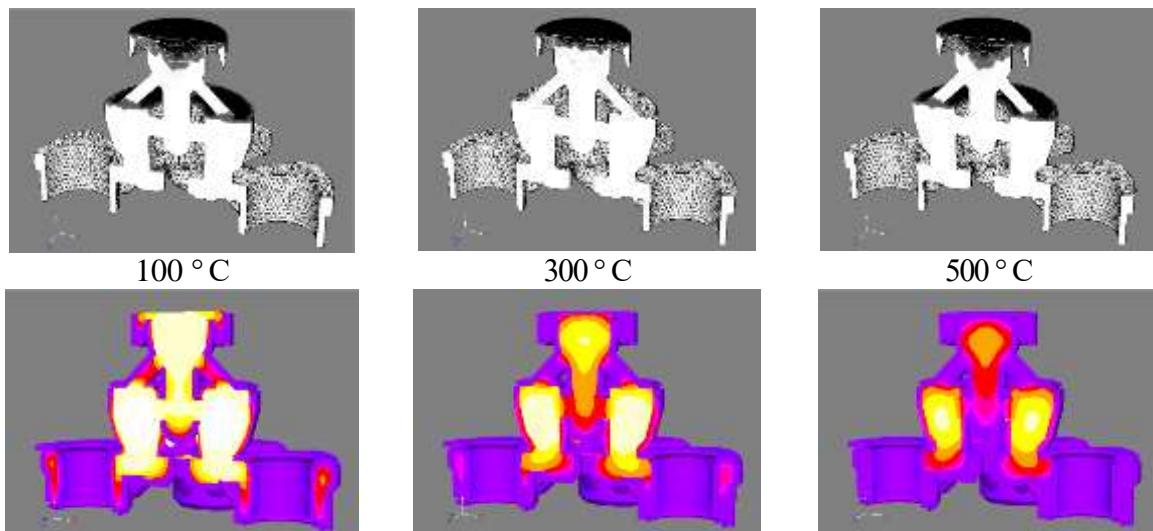


Рисунок 4 – Формирование температурно-фазовых полей

Как видно из рисунка усадочные раковины формируются в прибыльной части таким образом, что тело отливки получается бездефектным, что является наиважнейшей технологической задачей.

Таким образом, проведенный компьютерный эксперимент показал, что данная технология расположения отливки в блоке может быть использована в производстве, что значительно ускорит выполнение годовой программы.

УДК 658.5 (075.8)

**Принципы создания рабочего места оператора автоматической линии  
изготовления керамических изделий для литья по выплавляемым моделям**

Печенкина Л.С.<sup>1</sup>, Лукин А.А.<sup>2</sup>

1.Воронежский государственный Технический университет

2.Филиал РГУПС в г. Воронеж

В статье рассматриваются основные элементы автоматизированного рабочего места оператора автоматической линии модели 668 для литья по выплавляемым моделям, принципы его функционирования. Определен комплекс технических средств, необходимый для автоматизированного управления ходом технологического процесса, его стоимость.

**Ключевые слова:** Автоматизированное рабочее место, Производство керамических изделий.

Автоматизированное рабочее место (далее - АРМ) - это совокупность методических, языковых и программных средств, обеспечивающих работу пользователя на персональных ЭВМ в определенной сфере деятельности.

АРМ для специалистов литейного производства все шире используются не только в научных исследованиях, но и в практической работе на производстве, для отработки различных технологий. Одной из причин увеличения возможностей их использования является широкое внедрение комплексов, базирующихся на стандартных персональных

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

компьютерах со специальными пакетами программ, и дополнительных устройствах, сопряженных с компьютером.

Автоматическая линия изготовления керамических блоков модели 668 предназначена для нанесения на модельные блоки и воздушной сушки трех - шести слоев огнеупорного покрытия, приготовленного на основе этилсиликата, на модельные блоки и выплавления из этих блоков модельного состава при производстве литья по выплавляемым моделям. Линию используют в условиях многономенклатурного серийного производства. Возможно получение многослойного покрытия и на основе других материалов с аналогичными свойствами.

Линия объединяет комплекс устройств, обеспечивающих:

послойное нанесение на блоки суспензии и обсыпку их в «кипящем слое» кварцевого песка (мод. 6Б67); послойную сушку огнеупорного покрытия в установке воздушно-аммиачной сушки (6А81); выплавку модельного состава из керамического блока (6А71); подрезку чаши после нанесения каждого слоя покрытия; смазывание цепи конвейера; хранение и подачу огнеупорной суспензии; удаление песка из ванны «кипящего слоя»; отделение от воды выплавленного модельного состава и его сбор.

Особенность линии состоит в том, что на одном подвесном горизонтально-замкнутом конвейере, охватывающем все входящие в линию агрегаты, при использовании одной камеры воздушной сушки выполняется многократное нанесение слоев покрытия, их сушка и выплавка модельного состава, что исключает необходимость перевешивания подвесок после сушки каждого слоя. Линия выполнена с жестким программированием режимов нанесения покрытий для разных партий блоков и работает следующим образом.

Предварительно собранные на стойке модельные блоки вручную навешивают на подвески конвейера. Диск адресователя устанавливают на заданное число слоев огнеупорного покрытия. При взаимодействии адресователя с адресоносителем, размещенным на конвейере впереди каждой партии блоков, последние при движении конвейера автоматически заходят в первый автомат для нанесения первого слоя огнеупорного покрытия, обходят второй автомат и направляются в установку для сушки. Последующие слои наносятся во втором автомате, куда блоки направляются адресователем после сушки каждого слоя. Слой покрытия наносится путем последовательного погружения врачающегося блока в огнеупорную суспензию и в «кипящий слой» кварцевого песка.

После высыхания последнего слоя партия блоков автоматически подается конвейером в установку выплавления модельного состава, которое происходит либо в воде, либо в модельном составе. Во время выплавления модельного состава конвейер автоматически останавливается для выдержки блоков в установке в течение 11 минут, после чего включается привод конвейера, блоки копиром выводятся из ванны, готовую керамическую оболочку и стойк снимают, а на их место навешивают новый модельный блок.

В данной работе производится проектирование автоматизированного рабочего места для оператора автоматизированной линии. Оператором является мастер отделения изготовления оболочки формы цеха литья по выплавляемым моделям.

Программный комплекс предназначен для оптимизации процесса создания оболочки формы (рисунок 1).

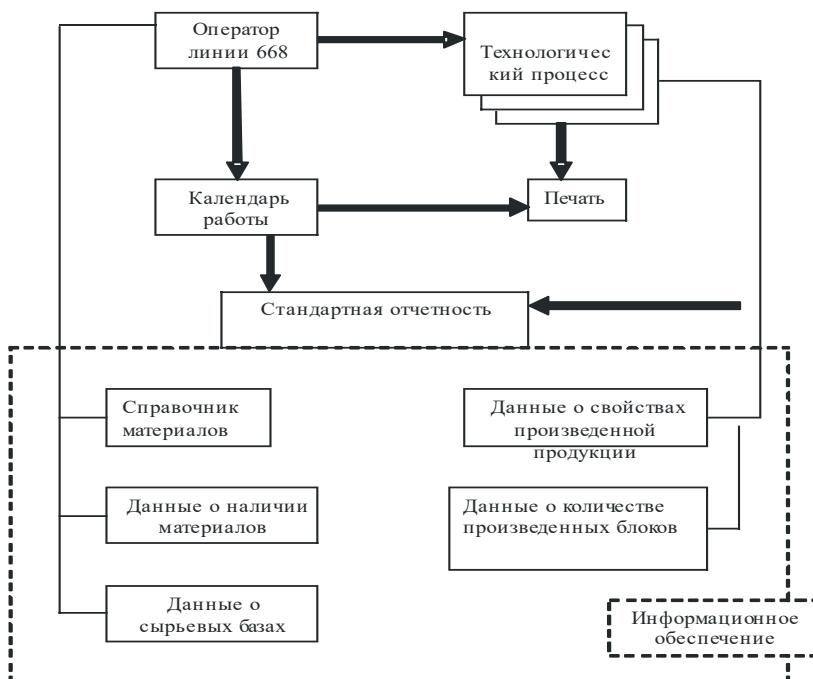


Рисунок 1 – Основные элементы рабочего места оператора автоматической линии 668 изготовления керамических блоков

Предусмотрено удобное представление статистических данных для ведомств, осуществляющих контроль. Журналирование всех проведенных операций открывает широкое поле для маркетинговых исследований.

Удобный и интуитивно понятный интерфейс автоматизированной системы (АС) позволяет врачу легко и быстро приступить к работе. Автоматизированное рабочее место оператора помогает более оперативно решать текущие проблемы, возникающие в ходе изготовления оболочек.

В состав АРМ оператора линии 668 входит персональный компьютер, специальный пакет программ и устройство для фиксации и ввода изображений в компьютер (рисунок 2). Использование видеокамеры позволяет избавиться от необходимости сканирования изображений, полученных при помощи обычных фотоаппаратов.



Рисунок 2 - Схема АРМ оператора автоматической линии 668

В состав АРМ также входит: данные об изменениях в технологии; данные об оболочке; база манипуляций, с возможностью внесения изменений на усмотрение оператора; система подготовки отчетов; возможность отслеживания всех действий в системе; автоматическая выписка стоимости оболочки.

Основными принципами формирования АРМ оператора линии 668 являются:

- комплекс программ. Обеспечивает удобную и эффективную работу с информацией создания оболочки. Позволяет планировать процесс, полно и детально записывать всю информацию о процессе создания. Вести стоимостной и количественный учет используемых при производстве оболочки материалов, учет стоимости предоставленных услуг. Имеет гибкую систему индивидуальных настроек и широкие возможности по защите хранимой информации. Обеспечивает быстрый поиск и удобную работу с технологическим процессом. Учет оплаты за работу, позволяет использовать наличную и безналичную оплату. Возможность сохранять значительные объемы информации, видеозображения. Автоматизированное рабочее место «Оператор автоматической линии 668 изготовления керамических блоков» имеет возможность хранить фотографические данные в технологическом процессе;

- АРМ должно быть системой, открытой по отношению к составу обрабатываемых на нем показателей. Это обязательное требование, обусловлено постоянным совершенствованием литейных технологий, изменением показателей и форм отчетности. Принцип открытости значит, что АРМ должен легко реорганизовываться своими системными программными средствами;

- принцип саморазвития. Под ним понимается возможность АРМ своими программными средствами постоянно создавать в виде файлов фонд таблиц, содержащих информацию за предшествующие периоды деятельности. Саморазвитие предполагает и возможность программными средствами АРМ видоизменять его функциональную структуру. Это позволяет создавать на основе типового АРМ новые автоматизированные места, ориентированные на различные типы технологической деятельности;

- принцип локальности по отношению к системному программному обеспечению персональной электронной вычислительной машины (ПЭВМ), в первую очередь к их операционным системам. Это значит, что, работая с АРМ, пользователь должен иметь доступ к пакетам обработки информации, представленным программным обеспечением.

Таким образом, АРМ оператора линии 668 представляет собой локальный, самостоятельный элемент. Типовой программный продукт с АРМ оператора линии 668 должен содержать набор основных методов и принципов, традиционно используемых в технологии изготовления керамических блоков.

Все данные о процессе создания каждой партии керамических блоков хранятся в архиве АРМ, что позволяет анализировать возможный брак и оптимизировать имеющуюся технологию производства керамических блоков. Приведем результаты расчета стоимости АРМ на основании цен фирмы «Рет» на 16.05.06 в таблице.

Таблица

Расчеты, связанные с использованием ЭВМ

Наименование	Сумма, р.
Аппаратно-техническое обеспечение	36000
Персональная ЭВМ	12500
Монитор Samsung 783 DF	4000
Системный блок (Atlon 1700\ 256 Mb\ GeForce 4Mx 440\ NEC 52x)	8500
Принтер Samsung ML – 1510	5500

Цифровые видеокамеры Canon DC (3 шт.)	18000
Программное обеспечение (Windows XP, MSVC)	10000
Информационное обеспечение (справочники, услуги, Интернет, поиск информации)	4500
Всего	50500

Подведем итог: затраты на организацию АРМ полностью окупают все потери при производстве керамических блоков без использования выше предложенных нововведений.

УДК 539.213

**Основные механические свойства и субструктура пленок Pd**

Юрьев В.А.<sup>1</sup>, Лукин А.А.<sup>2</sup> Лукин О.А.<sup>2</sup>

*1.Воронежский государственный Технический университет,*

*2.Филиал РГУПС в г. Воронеж*

В работе исследованы прочностные характеристики, морфология и субструктура пленок Pd. Для гомогенных плёнок Pd максимальная прочность достигается формированием высокодисперсной структуры.

В качестве исходных материалов для получения вакуумных конденсаторов Pd методом электронно-лучевого испарения (ЭЛИ) использовали навески из 99,999% Pd.

В качестве подложек для конденсации плёночных образцов использовали:

- свежерасщеплённые по плоскостям спайности (001) пластины природной и искусственной слюды (фторфлогопита);
- полированные пластины окисленного монокристаллического кремния ( $\text{SiO}_2/\text{Si}$ ) марки КДБ 10(111) и КДБ 10(100), толщина окисла составляла 30 – 60 нм, перед конденсацией пластины освежали в слабом растворе плавиковой кислоты, а затем промывали в дистиллированной воде;
- свежесколотые пластины NaCl (001);

В процессе работы проводилось испытание образцов Pd, на растяжение с помощью электромеханической разрывной машины «INSTRON 3382», а также рассматривали границы разрушения после растяжения вакуумных конденсаторов Pd при помощи электронного микроскопа ЭМ-125К.

*Прочность вакуумных конденсаторов Pd*

Измерение прочностных характеристик вакуумных конденсаторов Pd проводили на плёнках толщиной 2 - 8 мкм, поскольку корректная работа с более тонкими образцами сильно затруднена (процессы отделения, крепления и измерения).

Картина разрушения представленная на рисунке 1а имеет чётко выраженные ямки травления, что характерно для поликристаллических массивных образцов, обладающих достаточной пластичностью. Поликристаллические плёнки с размером кристаллитов равной толщине (рисунки 1б, 1в), разрушаются практически как монокристалл осаждённый на фторфлогопите (рисунок 1г), что видно по наличию протяжённых линий скольжения.

Плёнки, полученные методом магнетронного распыления (рисунок 1д) хрупко разрушаются по границам блоков субзёрен, выросших в направлении поступления материала, без признаков пластичности.

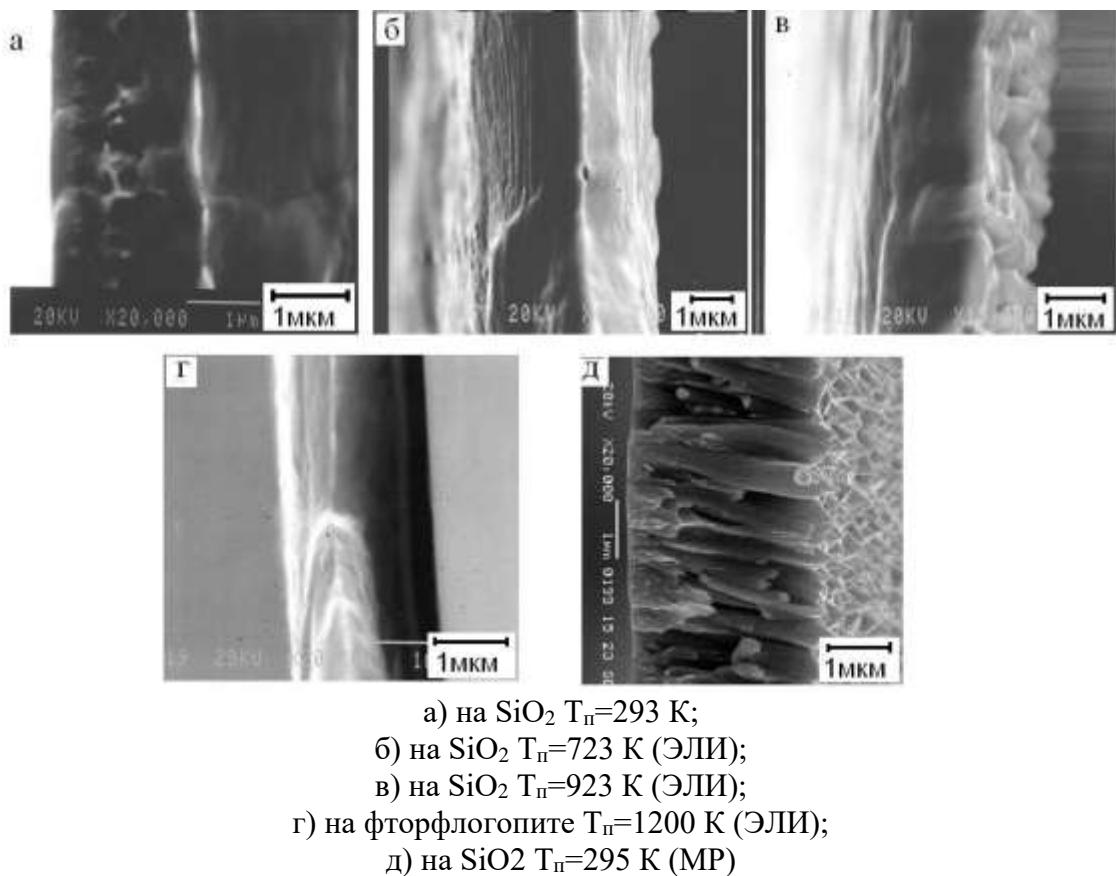


Рисунок 1 - Микрофрактографии границы разрушения после растяжения вакуумных конденсаторов Pd, осаждённых:

На рисунке 2 представлен график растяжения плёночного образца Pd сконденсированного при  $T_{\text{п}} = 300 \text{ К}$  на  $\text{SiO}_2$ . Кривая деформации обладает ярко выраженной упругой составляющей  $\sim 0,8 \%$ , пластическая деформация значительно меньше  $\sim 0,4 \%$ . В относительном соотношении это составляет  $66 \% / 34 \%$ .

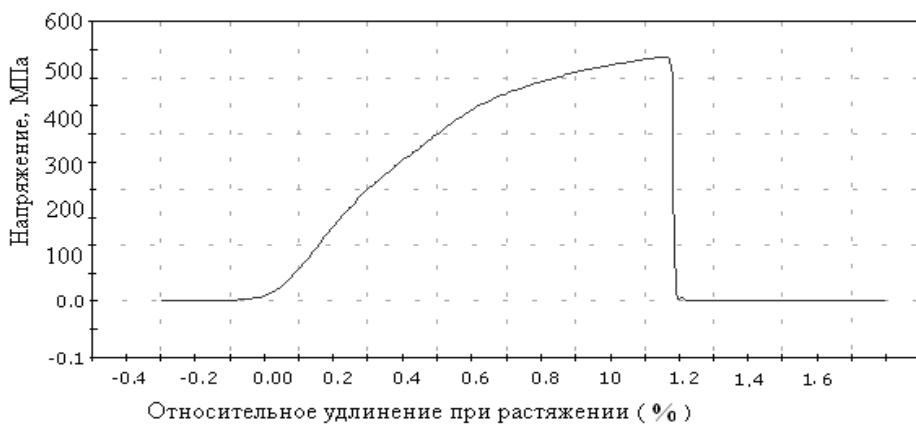


Рисунок 2 - График растяжения плёночного образца Pd толщиной 4 мкм сконденсированного при  $T_{\text{п}} = 300 \text{ К}$  на  $\text{SiO}_2$

При повышении температуры подложки растёт размер зёрен на межфазной границе пленка – подложка, одновременно с этим процессом происходит более быстрый рост размеров зерен с увеличением толщины пленки. Таким образом происходит увеличение содержания в пленке по сечению количества крупных кристаллитов и уменьшение – мелких. Этот процесс отражается на кривой деформации при растяжении

(рисунок 3) в уменьшении упругой составляющей (0,7 %) и увеличении доли пластической (0,7 %). В относительном соотношении это составляет 50 % / 50 %.

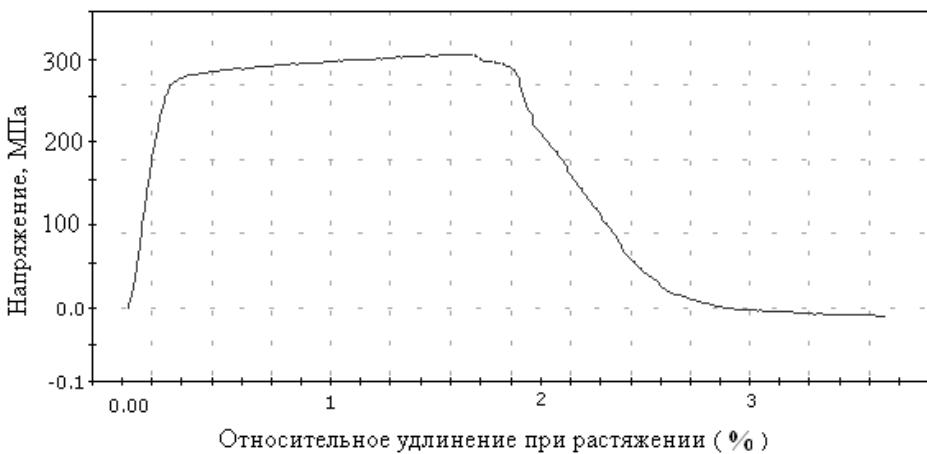


Рисунок 3 - График растяжения плёночного образца Pd толщиной 4 мкм сконденсированного при  $T_p = 923$  К на  $\text{SiO}_2$ .

График растяжения на рисунке 4 продолжает эту тенденцию – уменьшение доли упругой составляющей (~0,25 %) и рост пластической (~1,55 %). В относительном соотношении это составляет 14 % / 86 %. Уменьшение прочности по сравнению с образцом, полученным на неподогреваемой подложке составило ~ 2,5 раза.

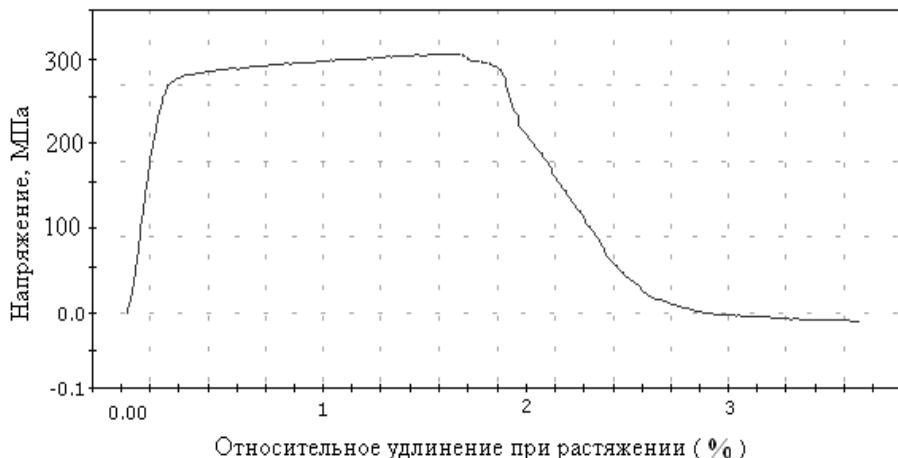


Рисунок 4 - График растяжения плёночного образца Pd толщиной 4 мкм сконденсированного при  $T_p = 923$  К на  $\text{SiO}_2$ .

Механические свойства плёночных образцов Pd сведены в таблице.

Таблица

Предел прочности ( $\sigma$ ), относительное удлинение ( $\epsilon$ ) и относительное сужение ( $\psi$ ) для толстых плёнок Pd (3-5 мкм) в зависимости от условий конденсации и термообработки

$T_p$ , К	295	723	923	1200	295	850
$T_o$ , К	573	923	---	---	---	---
метод получения	ЭЛИ	ЭЛИ	ЭЛИ	ЭЛИ	МР	МР
$\sigma$ , МПа	869	375	312	156	78	473
$\psi$ , %	5	22	20	34	---	45
$\epsilon$ , %	1,2	1,5	1,8	2,3	0,02	0,8

Для гомогенных плёнок Pd максимальная прочность достигается формированием высокодисперсной структуры. МР конденсаты Pd, полученные при комнатной температуре характеризуются низкой прочностью в плоскости подложки и хрупкостью, при температуре подложки 850 К плёнки отличаются высокой пластичностью и прочностью.

#### Литература

- 1 Палатник Л.С., Ориентированная кристаллизация / Палатник Л.С., Папиров И.И.- М.: Металлургия, 1964. - 408 с.
- 2 Массела Л. Технология тонких пленок: 2 т./Л. Массела и др.; отв. ред. Р. Глеенга.- М.:1977 – т. 2. 768 с.
- 3 Чопра К.Л. Электрические явления в тонких пленках / К.Л.Чопра. - М.: Мир, 1972. - 435 с.
- 4 Палатник Л.С., Фукс М.Я., Косевич В.М. Механизм образования и субструктура конденсированных пленок / Л.С. Палатник, М.Я.Фукс, В.М. Косевич.- М.: Наука, 1972. - 320с.

УДК 539.87

#### **Исследование микротвёрдости и прочности пленочных гетероструктур Mo – Cu**

Юрьев В.А.<sup>1</sup>, Лукин А.А.<sup>2</sup> Лукин О.А.<sup>2</sup>

*1.Воронежский государственный Технический университет,  
2.Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Исследованы микротвёрдость и прочность гетеросистемы Mo-Cu в зависимости от толщины составляющих слоёв и от температуры отжига.

Ключевые слова: микротвердость, пленочные структуры

#### *Исследование микротвёрдости*

Измерение микротвёрдости образцов проводили на приборе ПМТ-3 с алмазной пирамидой Берковича при нагрузке 50 грамм и времени выдержки под нагрузкой 5 секунд.

На рисунке 1 приведены графики зависимости микротвёрдости многослойной гетеросистемы Mo-Cu от толщины составляющих слоёв и от температуры отжига.

Отжиг при 720 К, как и при 890 К, практически не изменяется микротвердость образца со слоями по 1 мкм.

Происходит увеличение микротвердости при отжиге 890 К практически до номинального значения.

#### *Измерение прочности*

Предел прочности измеряли на электромеханической разрывной машине INSTRON 3382.

В таблице приведены полученные значения прочности исходно полученных плёночных образцов в зависимости от толщины составляющих слоёв.

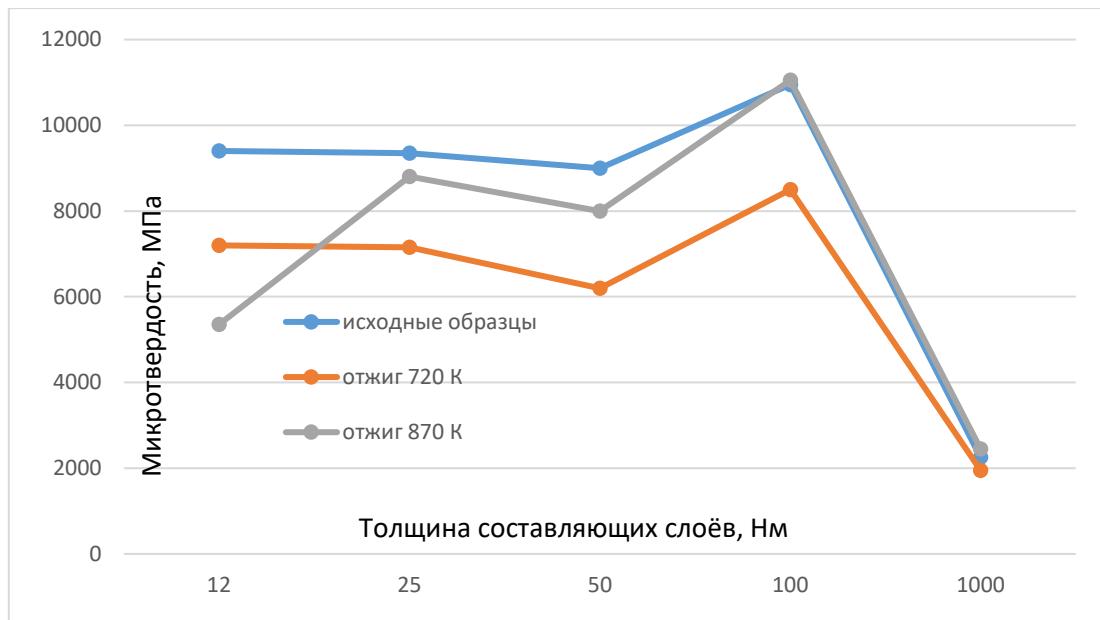


Рисунок 1 - График зависимости микротвёрдости многослойной гетеросистемы Mo-Cu от температуры отжига покрытия

Таблица

Предел прочности ( $\sigma_b$ ), относительное удлинение ( $\varepsilon$ ) и относительное сужение ( $\psi$ ) для гетеросистемы Mo-Cu в зависимости от толщины составляющих слоёв ( $d$ )

$d$ , нм	1000	330	120	15	10
$\sigma_b$ , МПа	273	373	525	916	182,3
$\psi$ , %	5,7	6,8	4	10,7	---
$\varepsilon$ , %	0,7	0,5	0,43	0,26	0,05

График деформации плёночного образца (рисунок 2) свидетельствует о том, что деформация происходит в зоне упругости вплоть до разрушения образца измерений.

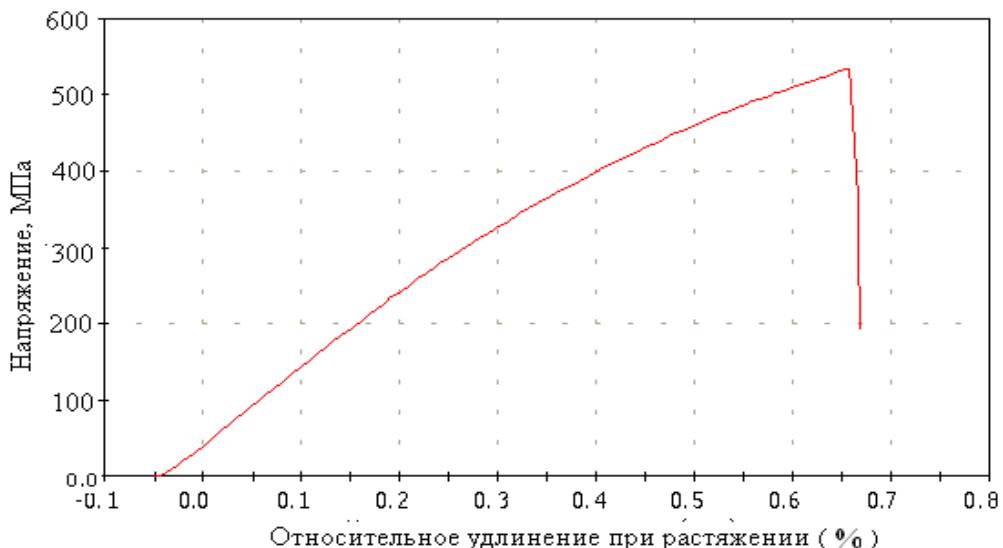


Рисунок 2. График растяжения плёночного образца многослойной гетеросистемы Mo-Cu с толщиной составляющих слоёв 120нм

Аналогичные графики были получены и для образцов с другими значениями толщин составляющих слоёв (рисунок 3).

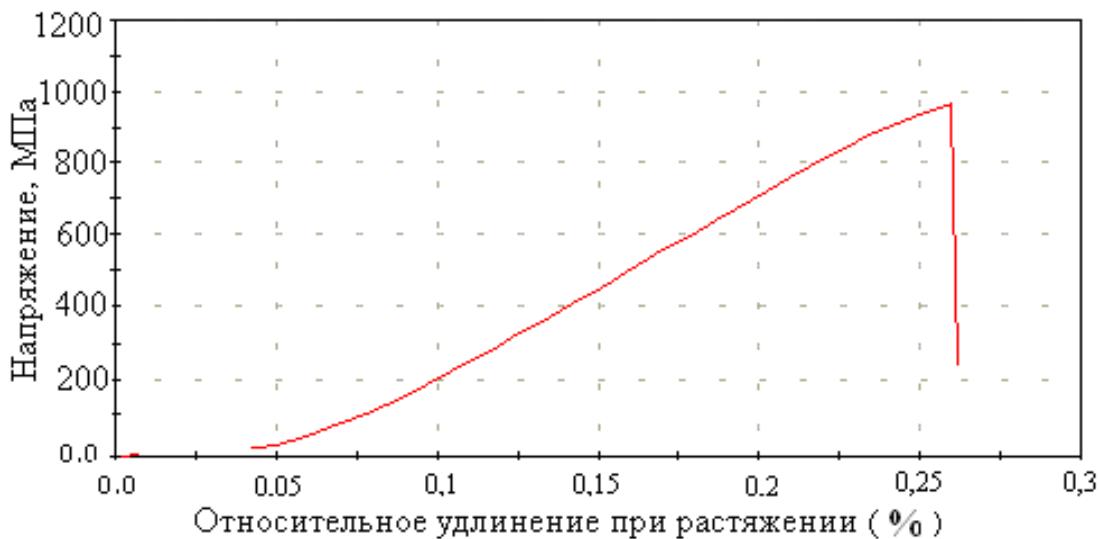


Рисунок 3. График растяжения плёночного образца многослойной гетеросистемы Mo-Cu с толщиной составляющих слоёв 15 нм

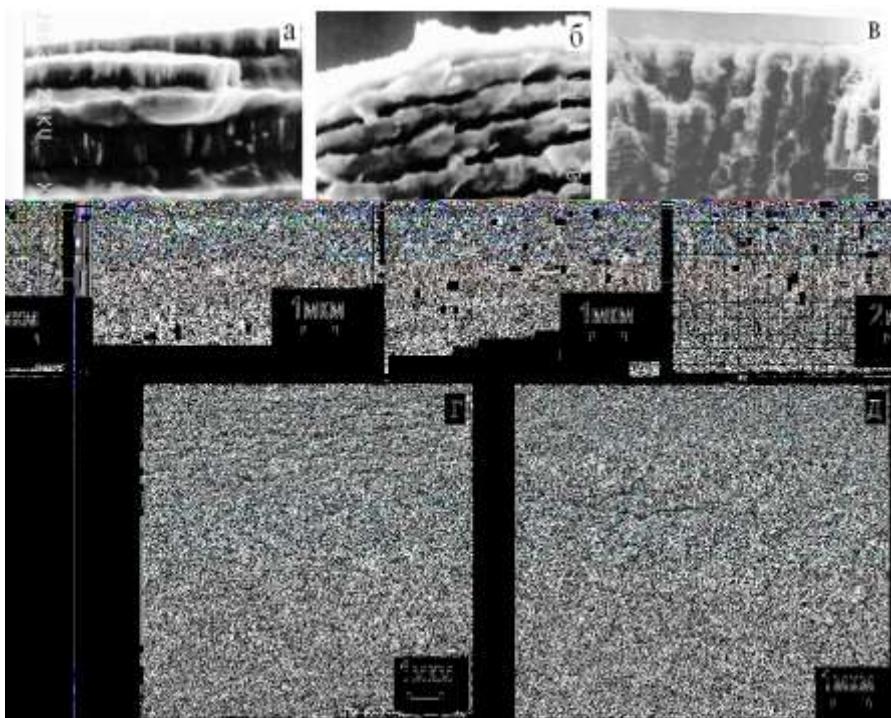
Таким образом, предел прочности растёт с уменьшением толщины слоёв и максимальный предел прочности соответствует образцу с толщиной слоёв 15 нм, однако при толщине слоёв 10 нм предел прочности образца резко падает до минимального значения.

На микрофотографиях (рисунок 4), представлены границы разрушения после растяжения плёночной гетеросистемы Mo-Cu. При толщине слоёв порядка 0,33- 1 мкм (рисунок 4), слои чётко выражены, характер разрушения молибдена хрупкий, меди – вязкий.

Анализ характера разрушений многослойной структуры показывает, что слои молибдена разрушаются хрупко, а меди – вязко. Образец с толщиной слоёв по 15 нм (рисунок 4) обладает наиболее высокими механическими свойствами (см. таблицу), и после разрушения имеет чётко выраженную шейку с равномерным рельефом.

При исследованиях микротвёрдости тонких покрытий необходимо соблюдать соотношение между толщиной образца и глубиной вдавливания индентора — согласно ГОСТ 9450-76, толщина образца должна превышать глубину отпечатка. Получение таких отпечатков даже на твёрдых покрытиях требует приложения малых нагрузок, а точное их измерение затруднено.

Для получения достоверных результатов необходимо строго соблюдать требования стандартов и проводить несколько измерений.



толщина слоёв  
составляет:  
1-1,5 мкм (а),  
330 нм (б),  
120 нм (в),  
15 нм (г)  
10 нм (д).

Рисунок4 Микрофотографии границы разрушения после растяжения плёночной гетеросистемы Mo-Cu, сконденсированной на подложку SiO<sub>2</sub> при Тп=575К

#### Литература

- 1 Палатник Л.С., Папиров И.И.- М.: Металлургия, 1964. - 408 с.
- 2 Массела Л. Технология тонких пленок: 2 т./Л. Массела и др.; отв. ред. Р. Глеенга.- М.:1977 – т. 2. 768 с.
- 3 Чопра К.Л. Электрические явления в тонких пленках / К.Л.Чопра. - М.: Мир, 1972. - 435 с.
- 4 Палатник Л.С., Фукс М.Я., Косевич В.М. Механизм образования и структура конденсированных пленок / Л.С. Палатник, М.Я.Фукс, В.М. Косевич.- М.: Наука, 1972. - 320с.

УДК 661.935

#### Размещение специального оборудования транспортабельной установки получения водорода

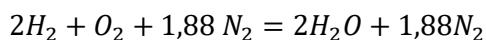
Лялин К.Д., Козлов А.В.  
ВУНЦ BBC BVA

**Аннотация:** В статье рассмотрены свойства и области применения водорода, а также предложен порядок размещения специального оборудования транспортабельной установки получения водорода.

**Ключевые слова:** водород, транспортабельная установка, электролизер.

Водород - бесцветный нетоксичный газ без вкуса и запаха. Масса 1 нм<sup>3</sup> равна 0,09 кг. Он в 14,5 раз легче воздуха. Водород сжижается под давлением при температуре ниже - 240°C (критическая температура водорода). Температура кипения жидкого водорода - 252,8°C (при нормальном атмосферном давлении). Если быстро испарять эту жидкость, то получается твердый водород в виде прозрачных кристаллов, плавящихся при температуре - 259,2°C.

В воде водород растворим очень мало, но в некоторых металлах, например в никеле, палладии, платине растворяется в значительных количествах. С растворимостью водорода в металлах связана его способность диффундировать через металлы. Кроме того, будучи самым легким газом, водород обладает наибольшей скоростью диффузии: его молекулы быстрее молекул других газов распространяются в среде другого вещества и проходят через разного рода перегородки. Особенно велика его способность к диффузии при повышенном давлении и высоких температурах. Поэтому работа с водородом в таких условиях сопряжена со значительными трудностями. Диффузия водорода в сталь при высоких температурах может вызвать водородную коррозию стали. Это совершенно особый вид коррозии состоит в том, что водород взаимодействует с имеющимся в стали углеродом, превращая его в углеводороды (обычно метан), что приводит к резкому ухудшению свойств стали. Если к струе водорода, выходящей из какого-нибудь узкого отверстия, поднести зажженную спичку, то водород загорается и горит несветящимся пламенем, образуя воду:



Теплота сгорания водорода составляет Qв равной 12 750 кДж/м<sup>3</sup>, 3 040 ккал/м<sup>3</sup> и 68 260 ккал/моль. Qн соответственно равной, 10 790 кДж/м<sup>3</sup>, 2 580 ккал/м<sup>3</sup> и 57 740 ккал/моль. Водород отличается высокой реакционной способностью, водородно - воздушные смеси имеют широкие пределы воспламеняемости и весьма взрывоопасны. При поджигании смеси из 2 объемов водорода с 1 объемом кислорода соединение газов происходит почти мгновенно во всей массе смеси и сопровождается сильным взрывом. Поэтому такую смесь называют гремучим газом [1,2].

Водород в авиационной и ракетной технике является одной из наиболее интересных тем в настоящее время. Возможность использования уникальных свойств этого элемента для создания энергоэффективных и экологически чистых технологий открывает множество перспективных областей.

Среди применений водорода в авиации можно выделить создание горючих элементов для двигателей, высокоэффективных батарей для хранения энергии, а также использование его в качестве охлаждающей жидкости для электрических двигателей. Все эти технологии могут значительно повысить эффективность и надежность авиации.

Однако наибольший интерес вызывает применение водорода в ракетной технике. Все благодаря его невероятной энергоемкости. Водородный ракетный двигатель уже давно является одним из главных объектов исследования в мировой ракетной промышленности. Существует множество различных проектов, направленных на создание более эффективных двигателей, которые могут значительно сократить время путешествия в космосе и снизить затраты на это.

Кроме того, использование водорода в космической технике поможет снизить вредное влияние авиационных и космических отходов на окружающую среду. Это означает, что в будущем возможно появление более экологически чистых и эффективных решений в области авиационной и ракетной техники.

Таким образом, использование водорода в авиационной, космической и автомобильной технике открывает новые перспективные области. Прогресс в этой сфере может привести к революционным изменениям в авиации и космической технике и, конечно же, сделать их более экологически чистыми и энергоэффективными.

Для реализации водородной энергетики в авиации и космонавтике, необходимо спроектировать транспортабельную установку получения водорода, предназначенную для обеспечения водородом потребителей при размещения в местах постоянной дислокации и в труднодоступных районах.

Важным фактором при выборе метода получения, является требуемое количество водорода. При малом потреблении вполне приемлемы химические и электролизный методы; для крупного производства выгоднее получать водород из углеводородов.

Для получения водорода могут применяться следующие способы: растворение цинка в разбавленной соляной кислоте; растворение алюминия или кремния в едкой щёлочи; действие натрия на воду; действие гидрида кальция на воду; пропускание водяного пара над раскалённым докрасна железом; пропускание водяного пара над коксом; фракционное сжижение коксового газа; взаимодействие метана с водяным паром (разложение метана); взаимодействие водяного пара с фосфором (фиолетовым); электролитическое разложение воды [3].

При больших объемах потребления в настоящее время применяются в основном следующие способы получения газообразного водорода: каталитическая конверсия углеводородов и метод неполного окисления углеводородов.

Способ каталитическая конверсия углеводородов основан на экзотермической реакции при взаимодействии углеводородов с водяным паром. Исходным продуктом чаще всего является метан, природный газ, но могут быть и другие углеводороды. Реакция протекает при атмосферном давлении при  $T = 800^{\circ}\text{C}$  в присутствии никелевого катализатора. В отдельном аппарате происходит дальнейшая конверсия окиси углерода при температуре  $400^{\circ}\text{C}$  с применением окислов железа и хрома в качестве катализаторов.

При использовании метода неполного окисления углеводородов необходима подача в реактор кислорода. Происходит реакция горения при недостатке  $\text{O}_2$ . Идёт с выделением теплоты, для поглощения которой вводят воду,  $T = 1200 - 1500^{\circ}\text{C}$ ,  $p = 4 \text{ МПа}$ . В реакторе можно сжигать как газ, так и жидкие углеводороды: сырую нефть, мазут — это большое преимущество метода. Теплоту, выделяемую в результате реакции, используют для производства водяного пара, применяемого в реакторе, а также для дальнейшей конверсии  $\text{CO}$  в  $\text{CO}_2$ . В процессе реакции возможно образование продуктов сгорания, содержащих углерод (сажу), которую необходимо удалять. Очистка и охлаждение продукта происходят в холодильнике-скруббере. В итоге получается продукт, содержащий 60 %  $\text{H}_2$ , 35 %  $\text{CO}$  и примеси. После конверсии  $\text{CO}$  в  $\text{CO}_2$  и очистки получают водород высокой степени чистоты

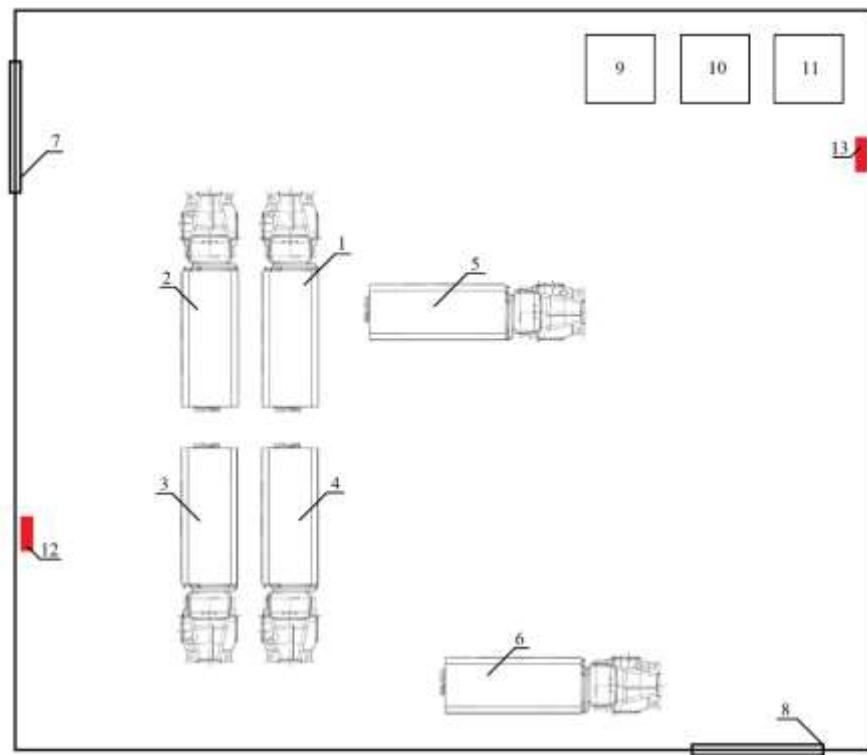
Получение  $\text{H}_2$  из углеводородов вообще-то нецелесообразно, т.к. они сами могут быть использованы как источник энергии. В будущем основным продуктом для получения водорода станет вода, из которой можно извлекать и  $\text{H}_2$  и  $\text{O}_2$  [1].

В результате электролиза воды получается наиболее чистый водород, если не считать примеси небольших количеств кислорода, который легко удалить пропусканием газа над подходящими катализаторами, например над слегка нагретым палладированным асбестом. Однако этот метод самый энергоёмкий. Электрохимический способ получения  $\text{H}_2$  основан на применении водных растворов щелочей с высокой электропроводностью [2].

При размещении в стационарных и полевых условиях потребителей водорода наиболее предпочтительными способом получения водорода будет электрохимический способ получения газообразного  $\text{H}_2$ , основанный на применении водных растворов щелочей с высокой электропроводностью[4].

Для обеспечения водородом потребителей в полевых условиях предлагается транспортабельная установка получения водорода. Компоненты такой установки размещаются на площадке размером 40 на 40 метров (рисунок 1).

Операторное отделение предназначено для выполнения работы на станции, проведения анализа и контроля качества добываемого водорода, в котором установлены электрощитовая, пульт управления, газоанализаторы и другое оборудование.



1 - операторное отделение; 2 - электролизерное отделение; 3 - охижительное отделение; 4 - подвижный газовый заправщик; 5 - подготовительное отделение; 6 - подвижная электростанция; 7 - основные ворота; 8 - запасные ворота; 9 - палатка начальника ГГО; 10 - палатка начальников смен ГГО; 11 - палатка л/с ГГО; 12,13 - пожарный щит.

Рисунок -1 Размещение транспортабельной установки получения водорода.

Электролизерное отделение является неотъемлемой частью станции и применяется для производства водорода путем электролиза воды. Данный процесс осуществляется путем пропускания постоянного электрического тока через воду, что приводит к ее разложению на водород и кислород. Полученный водород затем используется как топливо или сырье для других производственных процессов. В состав данного отделения входят: электролизер, система охлаждения электролита, чиллер, система очистки водорода, другое оборудование.

Охижительное отделение предназначено для очистки газа от примесей, а затем выполнения процесса охлаждения до критической температуры сжижения. Это необходимо для перехода газа в жидкость, которая имеет более высокую энергетическую плотность и занимает меньше места для дальнейшей транспортировки и использования.

Подвижный газовый заправщик предназначен для сбора и хранения газообразного водорода.

Подготовительное отделение предназначено для обеспечения станции водой, которая применяется для охлаждения систем и приготовления деминерализованной воды при производстве водорода в электролизере.

Подвижная электростанция предназначена для обеспечения питания станции в полевых условиях при отсутствии стационарного питания.

Пожарный щит находится в доступном месте для размещения и хранения первичных средств пожаротушения, немеханизированного инструмента и инвентаря, который предназначен для борьбы с возгораниями на их начальных стадиях,

стационарных объектах, не обеспеченных специальными пожарными водопроводами и системами пожаротушения.

Палатки для начальника, начальника смены и личного состава группы газового обеспечения предназначены для их размещения на площадке вблизи станции по добыче необходимых газов в полевых условиях.

Для применения водорода в качестве горючего необходимо разработать способы получения дешёвого газообразного водорода из воды, создать эффективные типы криогенных установок для его сжижения, разработать лёгкие и надёжные системы заправки и хранения жидкого водорода на транспортных объектах.

#### Библиографический список

1. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справочн. изд. под ред. Гамбурга Д.Ю., Дубровина Н.Ф. – М.: Химия, 1989. – С. 672.
2. Домашенко А.М., Горбатский Ю.В. Состояние, проблемы и перспективы развития в России инфраструктуры жидкого водорода. – Материалы международного форума «Водородные технологии для производства энергии». – Москва, 6-10 февраля 2006 г. – С. 29.
3. Игнатьев В.Г., Полухин Р.А. Анализ обеспечения Воздушно-космических сил водородом // Приоритетные направления и актуальные проблемы развития средств наземного обслуживания общего применения: сборник статей по материалам Всероссийской научно-технической конференция (18–19 февраля 2020 года) – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2020. С. 86–92.
4. Рубан И.С., Мосолов А.В., Трубников Д.В., Козлов А.В. Получение водорода в условиях размещения газодобывающей установки на аэродроме рассредоточения // Сборник научных статей по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции в рамках Всероссийского форума с международным участием «Перспективы развития видов обеспечения Военно-воздушных сил» (15–17 марта 2023 г.). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2023. С. 523-527.

УДК 621.039.564

#### Применение контрольно-измерительных приборов на вокзале Воронеж – I

Луговая А.О., Климентов Н.И.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы применения, задачи и функции контрольно-измерительных приборов на железнодорожном вокзале Воронеж-І и их роль в обеспечении безопасности и надежности обслуживания пассажиров.

**Ключевые слова:** Контрольно-измерительные приборы, задачи и функции, мониторинг, сбор данных, комфорт и безопасность.

На вокзале Воронеж-І осуществляется мониторинг и управление работой различных систем, включая контрольно-измерительные приборы для обеспечения безопасности, комфорта пассажиров и учета электроэнергии, использующейся на объекте.

#### Основные задачи и функции.

Подразделение осуществляет свою деятельность в сфере оказания услуг железнодорожным, сторонним предприятиям, организациям и бытовым потребителям в переработке и передаче им электроэнергии, обслуживает и ремонтирует

электроустановки предприятий и организаций, выполняет строительно-монтажные и пуско-наладочные работы.

Подразделение может выполнять иные, не запрещенные действующим законодательством, виды деятельности в порядке, установленном Управлением дороги.

**Основными задачами Юго-Восточной региональной дирекции железнодорожных вокзалов является:**

- обеспечение безопасности и бесперебойной работы вокзалов.
- обслуживание пассажиров, организация комфортных условий для пассажиров, включая обеспечение чистоты, доступности и эффективности всех услуг на вокзале, контроль за качеством работы всех сервисов.
- техническое обслуживание и ремонт инфраструктуры вокзалов, организация работ по ремонту и модернизации, исправность всех инженерных систем — от отопления и водоснабжения до электроснабжения и вентиляции.

Контроль за эксплуатации контрольно-измерительных приборов (КИП): вокзалы Юго-Восточной региональной дирекции используют различные системы КИП для контроля различных параметров (температура, давление, расход электроэнергии), что обеспечивает нормальную эксплуатацию оборудования и инфраструктуры. Важной задачей является также внедрение новых технологий и приборов для повышения эффективности и безопасности.

Учет и контроль потребления электроэнергии: Организация системы учета и контроля электроэнергии (АСКУЭ), а также работа по внедрению энергоэффективных решений, чтобы снизить расходы и повысить экономичность.

Для решения возложенных задач Дирекция взаимодействует с различными подразделениями и службами железнодорожного транспорта, а также с государственными и частными организациями, отвечающими за безопасность, контроль и обслуживание инфраструктуры, что обеспечивает подразделение для решения возложенных задач:

**Объемными показателями являются:**

- количество обслуживаемых пассажиров;
- объем потребляемой электроэнергии;
- объемы технического обслуживания и ремонтов:

**Качественными показателями работы являются:**

- качество обслуживания пассажиров;
- безопасность;
- энергоэффективность;
- состояние инфраструктуры;
- пассажирский поток и пропускная способность.

**Контрольно-измерительные приборы**

Контрольно-измерительные приборы играют важную роль в обеспечении стабильной и безопасной работы железнодорожных вокзалов. Они используются для измерения различных параметров, контроля за состоянием оборудования и выполнения расчетных функций. На вокзале Воронеж-І системы КИП применяются для мониторинга и управления состоянием электросистем и других инженерных систем (водоснабжения, отопления, вентиляции).

### **Задачи и функции КИП**

#### **1. Мониторинг электросистем.**

На вокзале Воронеж-І существует сложная система электроснабжения, включающая как освещение, так и питание технических устройств (системы безопасности, видеонаблюдения и т.д.). Контрольно-измерительные приборы контролируют параметры электрических сетей, такие как напряжение, ток, частота и другие параметры. Это позволяет оперативно выявлять отклонения в работе оборудования и принимать необходимые меры.

#### **2. Измерение и контроль параметров инженерных систем.**

Вокзал Воронеж-І оснащен разнообразными инженерными системами: отоплением, вентиляцией, водоснабжением, кондиционированием воздуха. Контрольно-измерительные приборы следят за температурой воздуха, уровнем влажности, давлением и другими важными параметрами, чтобы обеспечить комфортные и безопасные условия для пассажиров и персонала.

#### **3. Оперативное управление аварийными ситуациями.**

В случае возникновения неисправностей, системы КИП могут автоматически передавать сигналы тревоги, позволяя быстро реагировать на ситуацию. Это снижает риски аварийных ситуаций, таких как короткие замыкания или утечка воды.

#### **4. Точность учета потребления энергии.**

Для эффективного управления энергетическими ресурсами вокзал Воронеж-І использует КИП для точного учета потребления электроэнергии. Это необходимо для правильного выставления счетов и выявления областей для возможной экономии. Параметры потребления электроэнергии контролируются через автоматизированную систему учета, которая интегрирована с основными КИП.

#### **5. Обеспечение безопасности пассажиров:**

КИП на вокзале также включают системы видеонаблюдения, системы контроля за доступом в различные зоны вокзала. Эти системы выполняют мониторинг территории и реагируют на возможные угрозы или нарушения.

### **Основные виды контрольно-измерительных приборов на вокзале Воронеж-І**

#### **1. Электрические счетчики и измерители.**

На вокзале Воронеж-І установлены современные электрические счетчики для учета потребления энергии. Эти устройства фиксируют точные значения, которые используются для анализа потребления и выставления счетов.

#### **2. Датчики температуры и влажности.**

Для поддержания комфортных условий для пассажиров и эффективной работы оборудования устанавливаются датчики температуры и влажности. Эти приборы контролируют параметры воздуха в разных зонах вокзала и обеспечивают автоматическую регулировку температуры и влажности.

#### **3. Программируемые логические контроллеры (ПЛК).**

ПЛК используются для управления различными инженерными системами, такими как

отопление, вентиляция и освещение. Эти контроллеры принимают данные от датчиков и могут регулировать работу оборудования в автоматическом режиме.

#### **4. Измерители давления:**

На вокзале Воронеж-І используются измерители давления для контроля за состоянием трубопроводных систем (например, отопления и водоснабжения). Это позволяет оперативно выявлять утечки и предотвращать возможные аварии.

#### **5. Датчики движения и системы видеонаблюдения.**

Эти устройства играют важную роль в обеспечении безопасности на вокзале. Камеры видеонаблюдения, в том числе с функцией распознавания лиц, позволяют отслеживать потоки пассажиров, выявлять подозрительные действия и улучшать контроль за пассажирским потоком.

### **Принцип работы КИП на вокзале Воронеж-І**

Контрольно-измерительные приборы работают в режиме реального времени, обеспечивая бесперебойный сбор и передачу данных. Они интегрированы в центральную систему управления вокзала, что позволяет оперативно анализировать ситуацию и принимать необходимые решения.

Сбор данных: Приборы измеряют физические параметры — например, напряжение, ток, температуру, давление и другие. Все данные поступают в центральную систему управления, где они обрабатываются и анализируются.

Обработка данных: Собранные данные обрабатываются с помощью программного обеспечения, которое анализирует их на предмет отклонений от нормальных значений. В случае выявления неисправностей система автоматически генерирует сигналы тревоги.

Реагирование на отклонения: Когда система фиксирует отклонения (например, перегрузка электросети или превышение температуры в помещении), она отправляет уведомления персоналу вокзала для принятия необходимых мер, либо автоматически регулирует работу оборудования для предотвращения аварий.

Мониторинг в реальном времени: Параметры всех систем, контролируемые КИП, отображаются на экранах мониторинга, что позволяет специалистам в режиме реального времени отслеживать состояние оборудования и оперативно реагировать на возможные проблемы.

### **Преимущества использования КИП**

#### Повышение точности учета:

Системы КИП позволяют обеспечивать точность измерений и учета электроэнергии, что способствует правильному расчету потребления и выставлению счетов.

Оперативное реагирование на неисправности: В случае возникновения нештатных ситуаций, системы КИП позволяют быстро реагировать, что снижает вероятность возникновения аварийных ситуаций и их последствий.

Эффективное управление ресурсами: С помощью КИП можно более точно контролировать потребление электроэнергии и других ресурсов, что позволяет снизить затраты и повысить энергоэффективность.

Повышение безопасности: Системы видеонаблюдения и контроля за доступом обеспечивают высокий уровень безопасности, предотвращая несанкционированный доступ и возможные угрозы.

Автоматизация процессов: Внедрение КИП позволяет автоматизировать множество процессов, что снижает нагрузку на персонал и минимизирует человеческие ошибки.

Контрольно-измерительные приборы на вокзале Воронеж-І обеспечивают стабильную и безопасную работу всех инженерных систем, эффективно контролируют потребление энергии и помогают поддерживать комфортные условия для пассажиров. Современные технологии КИП позволяют улучшить качество обслуживания, повысить безопасность, а также оптимизировать использование ресурсов, что является важным аспектом для такого крупного транспортного узла, как вокзал Воронеж-І.

Список литературы

1. Мамедов, Г. М. К расчету устройств автоматического регулирования с встречно-параллельным корректирующим устройством / Г. М. Мамедов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 15 ноября 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 88-91. – EDN IOGTCK.
2. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.
3. Евстигнеев, М. И. Комплексная проверка состояния и ремонт контактной подвески / М. И. Евстигнеев, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 64-71. – EDN SFSYBR.
4. Мамедов, Г. М. Электротехника и электроника. Основы электроники : учебное пособие / Г. М. Мамедов ; Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; Московский гос. ун-т путей сообщ.. – Москва : РОАТ, 2011. – 59 с. – ISBN 978-5-7473-0577-9. – EDN QMLYTR.
5. Исследование характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором с использованием Labview технологий / А. А. Кнутов, И. Ю. Никитин, Н. И. Климентов, Г. М. Мамедов // Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники : Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции, Воронеж, 15–16 мая 2017 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 81-86. – EDN ZVVXXV.

УДК 004.67:533.6.08

**Расчет приборной скорости с использованием первичного измерительного преобразователя – струйного автогенератора на основе эффекта Коанда**

Малахова В.В.<sup>1</sup>, Малахов О.В.<sup>1</sup>, Малахова Я.О.<sup>2</sup>

1. ФГБОУ ВО Луганский государственный университет имени Владимира Даля,  
г. Луганск

2. ГБОУ ЛНР ЛСШ №1 имени профессора Л.М. Лоповка, г. Луганск

В статье представлена конструкция первичного измерительного преобразователя приборной скорости – струйного генератора на эффекте Коанда. Приведен расчет приборной скорости на основе выходного сигнала предлагаемого первичного преобразователя – частоты автоколебаний струйного генератора. Результаты исследования использованы в образовательном процессе.

Ключевые слова: расчет приборной скорости, эффект Коанда, первичный измерительный преобразователь, струйный автогенератор, автоколебания.

The article presents the design of the primary instrument velocity measuring transducer, a jet generator based on the Coand effect. The calculation of the instrument speed is based on the output signal of the proposed primary converter, the frequency of self-oscillations of the jet generator. The research results are used in the educational process.

Keywords: calculation of instrument velocity, Coand effect, primary measuring transducer, jet autogenerator, self-oscillations.

**Введение.** В современной геополитической и экономической реальности задачи обеспечения национального суверенитета и устойчивого развития страны приобретают первостепенное значение. В данном ключе стратегическая важность политики импортозамещения заключается в ее непосредственном влиянии на укрепление экономической безопасности государства и росте благосостояния населения.

На протяжении последнего десятилетия экономика Российской Федерации подвергалась воздействию ряда внешних ограничений, таких как санкционное давление и ограничение поставок целого ряда товаров. Следствием этих процессов стал дефицит определенных товарных групп и усиление инфляционных тенденций. Наиболее значительный ущерб был нанесен высокотехнологичным секторам, включая транспорт, авиа- и машиностроение, энергетику, столкнувшимся с ограничениями поставок зарубежного оборудования и критически важных компонентов.

Данное исследование направлено на разработку подходов к замене импортных МЭМС-датчиков давления отечественными аналогами, обладающими сопоставимыми массогабаритными показателями, что делает возможной их интеграцию в бортовые системы малых беспилотных летательных аппаратов.

Областью исследования выступает процесс импортозамещения, как комплекс мер по созданию и внедрению отечественных аналогов продукции, имеющей критическое значение для обеспечения технологической независимости.

Непосредственным предметом исследования служит первичный измерительный преобразователь приборной скорости, предназначенный для применения в малой авиации и сконструированный с использованием исключительно компонентов отечественного производства.

Корректное измерение приборной скорости является одним из фундаментальных условий безопасной эксплуатации летательных аппаратов. Данный параметр, отражающий скорость перемещения аппарата относительно масс воздуха, предоставляет экипажу возможность оперативно вносить коррективы в траекторию полета и предотвращать возникновение аварийных ситуаций. Неточность в определении этого показателя способна стать причиной потери управления, связанной со срывом воздушного потока с несущих поверхностей, что подчеркивает исключительную важность его точной диагностики для безаварийного пилотирования.

Под эффектом Коанда понимается физический феномен, заключающийся в тенденции газовой или жидкостной струи отклоняться от инерционного направления и «прилипать» к обтекаемой поверхности, следуя ее геометрии. Явление получило название в честь своего первооткрывателя, румынского инженера Анри Коанда, впервые его детально исследовавшего и описавшего в первой половине XX столетия.

**Постановка задачи.** Представить конструкцию первичного измерительного преобразователя – струйного автогенератора на основе эффекта Коанда, и методику расчета приборной скорости с его использованием.

**Материалы и методы.** В современной научно-технической литературе эффект Коанда находит отражение в контексте создания разнообразных приборов и технических систем. В частности, в исследовании [1] данный эффект используется для модификации аэродинамических характеристик летательных аппаратов, в первую очередь для

увеличения подъемной силы и улучшения управляемости. В публикации [2] представлена концепция летательного аппарата, аэродинамическая схема которого целиком построена на использовании эффекта Коанда. По мнению авторов, такая конструкция позволит реализовать вертикальный взлет и посадку, режим зависания, а также полет в горизонтальной плоскости в широком скоростном диапазоне. Анализ применения эффекта в вихревых трубках содержится в работе [3], тогда в [4] исследуется его проявление при истечении струй из прямоугольных сопел под углом к плоской поверхности.

«Возможность использования эффекта Коанда для создания первичных измерительных преобразователей приборной скорости летательного аппарата и алгоритм расчета рассмотрены в работе» [5].

Разрабатываемый измерительный преобразователь приборной скорости предназначен для использования в составе научного модуля пикоспутника формата CanSat. Летные испытания модуля проводились силами сборной команды «Звездочки» (капитан Малахова Я.О.), выступавшей в Регулярной лиге 14-го Всероссийского чемпионата «Воздушно-инженерная школа», который проходил в г. Владимир в июле 2025 года [6].

Функциональная плата струйного автогенератора (рис. 1) выполнена из пластика PEDG методом 3D печати в виде пластины толщиной 2 мм и диаметром 66 мм, что вписывается в габариты спускаемого аппарата в соответствии с требованиями Технического задания Регулярной лиги к механической части разрабатываемого изделия.

Каналы функциональной платы автогенератора имеют одно входное отверстие 1 для поступающего воздуха и два выходных отверстия 2 для выхода воздуха, прошедшего струйный логический элемент, в атмосферу. Пара отверстий 3, соединенных с каналами обратной связи, ведут к двум импульсным датчикам давления, воспринимающим колебания давления воздуха, сопутствующие циклическому переключению воздушных струй в процессе авто генерации. Пара технологических отверстий 4 не сообщаются с рабочей зоной автогенератора. Через них проходят резьбовые металлические шпильки,держивающие конструкцию научного модуля в сборе.

Движение струй в автогенераторе происходит в плоскости, перпендикулярной направлению движения спускаемого аппарата и, соответственно, направлению движения набегающего потока воздуха. Это вызвано необходимостью по возможности сократить длину научного модуля, чтобы вписаться в общее ограничение длины спускаемого аппарата 220 мм, накладываемого требованиями Технического задания Регулярной лиги к механической части разрабатываемого изделия.

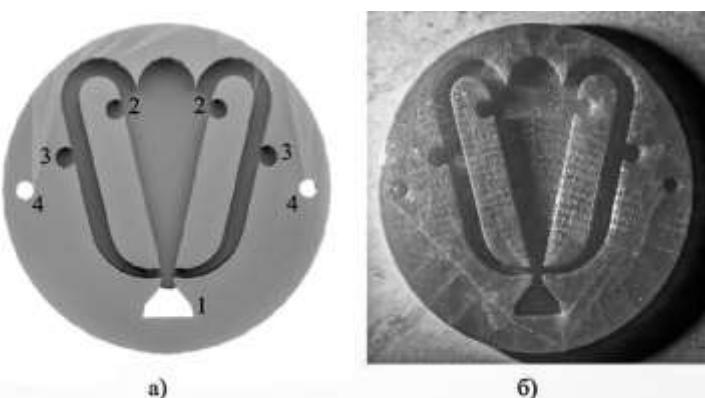


Рис. 1 – Функциональная плата струйного автогенератора:  
а) 3D модель; б) фотография

Основные элементы, составляющие конструкцию научного модуля, представлены на рисунке 2. Набегающий воздушный поток воспринимается воздухозаборником 1, поворачивается в камере 2 и через входное отверстие попадает в систему каналов функциональной платы автогенератора 3.

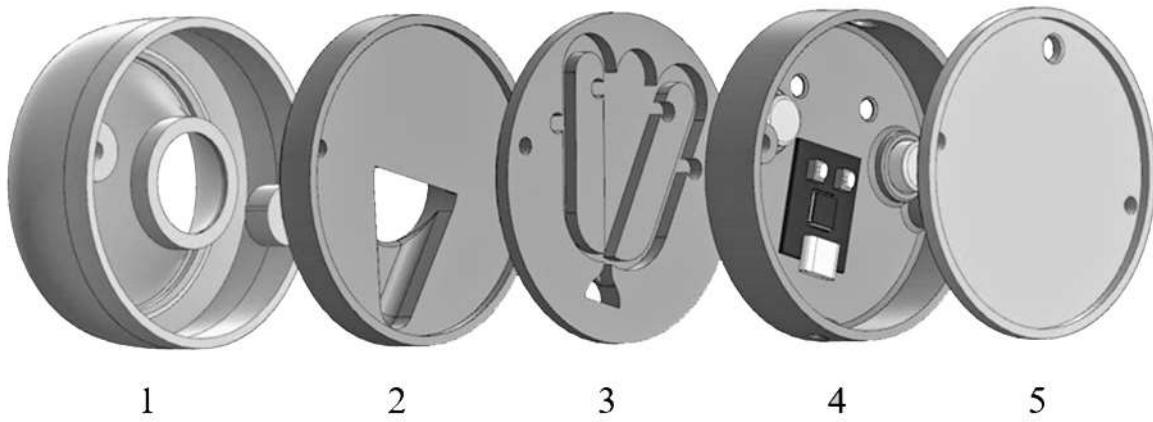


Рис. 2 – Основные элементы, составляющие конструкцию научного модуля:  
1 – воздухозаборник; 2 – камера поворота струи воздуха; 3 – функциональная плата; 4 – выходная камера, блок электроники; 5 – крышка

Выходная камера 4 прикрывает своей нижней плоскостью рабочую зону функциональной платы автогенератора 3. В камере расположены два импульсных датчика перепада давления (электретные микрофоны) и блок электроники (плата *Raspberry Pi Pico* на МК *RP2040*). Через боковое отверстие камеры воздух, прошедший через рабочую зону автогенератора, выходит в атмосферу. Крышка 5 прикрывает

выходную камеру сверху. Вся конструкция научного модуля стянута двумя металлическими резьбовыми шпильками М3 в единый конструктивный «пирог».

«Телеметрическая информация о параметрах полета летательного аппарата поставляется по двум каналам: передается по радиоканалу в реальном масштабе времени и сохраняется в формате CSV файла в энергонезависимой памяти бортового самописца летательного аппарата» [7]. Расчет удобно выполнять в программе MathCAD. «Для достижения поставленной цели необходимо рассмотреть особенности представления исходных данных в программе, написание скриптов, её функциональные возможности интерпретация полученных результатов и области применения» [8].

«Для расчета приборной скорости малого летательного аппарата используем зависимость частоты автоколебаний в струйном генераторе от скорости проходящего через него воздушного потока. Частота переключения струйного автогенератора определяется выражением:

$$f_{\text{ген}} = \mu \sqrt{\frac{2(P_{\text{дин}} - P_{\text{ст}})}{\rho}},$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода, определяемый геометрическими параметрами каналов логического элемента;  
 $\rho$  – плотность измеряемой среды (воздуха).

Частота переключения струйного автогенератора  $f_{\text{ген}}$  пропорциональна скорости проходящего через него воздушного потока:

$$V = k \cdot f_{\text{ген}} = k \cdot \mu \sqrt{\frac{2(P_{\text{дин}} - P_{\text{ст}})}{\rho}},$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности, определяемый геометрическими параметрами воздухозаборника, потерями давления в канале, соединяющем выход воздухозаборника со входом струйного логического элемента и т.п.» [9].

**Результаты исследований.** В статье представлена конструкция первичного измерительного преобразователя приборной скорости – струйного генератора на эффекте Коанда. Плата струйного автогенератора выполнена из пластика PEDG методом 3D печати в виде пластины толщиной 2 мм и диаметром 66 мм. Приведена формула для расчета приборной скорости на основе выходного сигнала предлагаемого первичного преобразователя – частоты автоколебаний струйного генератора.

**Выводы.** В работе представлена конструкция первичного измерительного преобразователя – струйного автогенератора на основе эффекта Коанда, и методика расчета приборной скорости с его использованием.

#### Библиографический список

1. Пушинская К. В. Эффект Коанда и некоторые варианты его применения / К. В. Пушинская, А. Ф. Шишкина // Актуальные вопросы в науке и практике: Сборник статей по материалам IV международной научно-практической конференции. В 5-ти частях, Самара, 11 декабря 2017 года. Том Часть 1. – Самара: Общество с ограниченной ответственностью Дендра, 2017. – С. 35-39. – EDN YLGASS.
2. Воронков Ю. С. Летательный аппарат, использующий эффект Коанда / Ю. С. Воронков, О. Ю. Воронков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 7-5. – С. 744-748. – EDN WFAZUR.
3. Левина Е. Ю. О возможности применения эффекта Коанда в вихревых трубках / Е. Ю. Левина, М. Ю. Левин, С. А. Нагорнов // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2014. – № 8. – С. 57-61. – EDN SAJEPD.
4. Ганич Г. А. Эффект Коанда при выдуве струй из прямоугольных сопл под углом к плоской поверхности / Г. А. Ганич, Н. А. Гущина, Ю. Г. Жулев // Ученые записки ЦАГИ. – 1994. – Т. 25, № 3-4. – С. 121-125. – EDN KYQTMX.
5. Малахова, В. В. Алгоритм расчета приборной скорости малого летательного аппарата с использованием струйногоавтогенератора на эффекте Коанда / В. В. Малахова, О. В. Малахов, Я. О. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024. – № 11(89). – С. 69-73. – EDN OKYBLZ.
6. Малахова, В. В. Применение современных цифровых технологий в образовательном процессе / В. В. Малахова, О. В. Малахов, Я. О. Малахова // Инновации и информационные технологии в условиях цифровизации экономики: Сборник тезисов III международной научно-практической конференции, Алчевск, 24–25 апреля 2025 года. – Алчевск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донбасский государственный технический университет", 2025. – С. 633-635. – EDN LZGCJM.
7. Малахова, В. В. Математическая обработка телеметрической информации с использованием программной библиотеки Pandas / В. В. Малахова, В. В. Малый, Я. О. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024. – № 10(88). – С. 96-100. – EDN LIOCPQ.

8. Рябко, К. А. К вопросу разработки программы определения углов поворота поперечного сечения и прогибов однопролетной бесконсольной балки / К. А. Рябко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024): Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 244-248. – EDN JFWDDO.

9. Малахова, В. В. Использование струйного автогенератора на эффекте Коанда для расчета приборной скорости малого летательного аппарата / В. В. Малахова, О. В. Малахов, Я. О. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024. – № 12(90). – С. 113-116. – EDN SILGCX.

УДК 621.316.99

**Монтаж, испытания и ремонт заземляющих устройств тяговых подстанций**

Милов А.И., Климентов Н.И.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы монтажа, испытания и ремонта заземляющих устройств тяговых подстанций переменного и постоянного тока.

*Ключевые слова:* тяговые подстанции, заземляющие устройства, конструкция, монтаж, испытания, ремонт.

Для заземления электрооборудования тяговых подстанций (ТП) предусматривают заземляющую магистраль (шина заземления) и контур заземления (заземлитель); к магистрали присоединяют электрооборудование закрытых распределительных устройств (ЗРУ), комплектных распределительных устройств (РУ) внутренней установки; к заземлителю присоединяют оборудование и конструкции открытых распределительных устройств (ОРУ), комплектных РУ наружной установки и заземляющую магистраль.

На тяговых подстанциях постоянного тока и совмещенных подстанциях станцийстыкования для заземления электрооборудования РУ 3,3 кВ выполняют внутренний контур заземления, соединяемый с заземлителем (внешним контуром заземления) в двух местах через реле земляной защиты.

Внутренний и внешний контуры заземления не должны иметь постоянного электрического соединения (кроме отрицательной полярности), отсасывающей линии и рельсами подъездного пути подстанции; последний изолируют от других путей тремя парами изолирующих стыков, включаемых в обе рельсовые цепи: одна из них - у ворот территории подстанции, другая – в месте примыкания подъездного пути к станционным путям, третья – в середине между ними.

Между внешним контуром заземления и отсасывающей линией (до реактора со стороны рельсов) включают короткозамыкатель или дренажно-шунтовой заземлитель (ПДШЗ).

На тяговых подстанциях переменного тока фазу С тяговых трансформаторов соединяют с отсасывающей линией, рельсами подъездного пути (через каждые 5-10 м в пределах территории подстанции) и контуром заземления. Изолирующие стыки в рельсах подъездного пути не устанавливают, а сборные стыки рельсов на всем протяжении подъездного пути оборудуют стыковыми соединителями; рельсы этого пути должны иметь электрическое соединение с тяговой рельсовой сетью электрифицированных путей.

Сопротивление заземления внешнего контура ТП постоянного тока и совмещенных подстанций станцийстыкования должно быть не выше 0,5 Ом, включая сопротивление естественных заземлителей. При удельном сопротивлении земли  $\beta$ , большее, чем 500 Ом $\cdot$ м, допускается повышение сопротивления контура в  $\beta/500$  раз, но не выше 5 Ом. Допускается также выполнение контура по нормам напряжения прикосновения в соответствии с требованиями Правил устройств электроустановок (ПУЭ).

Контур заземления ТП переменного тока выполняют как выравнивающий, его собственное сопротивление не нормируют.

Напряжение на контуре заземления по отношению к удаленной земле при стекании с него тока замыкания на землю, в соответствии с требованиями ПУЭ, не должно превышать -10 кВ. При напряжении на контуре выше 5 кВ должны предусматриваться меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телеуправления.

На тяговых подстанциях постоянного тока подлежат заземлению:

**I) на внутренний контур заземления (магистраль заземления):**

Каркасы ограждения и металлоконструкции РУ выпрямленного тока и отдельно стоящие ячейки разъединительных преобразовательных агрегатов;

Основания БВ (фидерных и агрегатных);

Арматура разъединителей, поддерживающие конструкции сборных шин, шинных мостов и установок постоянного тока 3,3 кВ;

Переходные плиты и анкерные штанги фидеров выпрямленного тока;

Основания разрядников постоянного тока, установленных внутри или на фасаде здания;

Конструкции сглаживающего устройства и корпуса конденсаторов;

Каркасы щитов и панелей управления, имеющих высоковольтные приборы или кабели постоянного тока напряжением выше 1000 В;

Оболочки силовых кабелей выпрямленного тока (кроме отсасывающих и анодных кабелей); оболочки силовых кабелей питающих линий выпрямленного тока изолируют от конструкций контактной сети и заземляют на внутренний контур только в здании подстанции;

Шкафы и панели управления преобразовательных агрегатов, панели управления установок поглощения избыточной энергии рекуперации.

**II) на внешний контур заземления (искусственный заземлитель):**

Металлические корпуса электрооборудования переменного тока напряжением выше 1000 В и поддерживающие их конструкции, расположенные на открытой части подстанции;

Электрооборудование ЗРУ переменного тока напряжением выше 1000В;

Вторичные обмотки измерительных трансформаторов;

Металлические корпуса шкафов управления, панелей и другие конструкции ОРУ постоянного тока;

Металлические оболочки и броня силовых кабелей напряжением до и выше 1000 В, проложенных по территории подстанции;

Металлические оболочки и броня контрольных кабелей;

Стальные трубы водопровода и канализации, проложенные по территории подстанции.

На ТП переменного тока к контуру заземления (искусственному заземлителю) присоединяют все металлические корпуса оборудования ОРУ, арматуру опорных и

подвесных изоляторов, а также металлические конструкции: трубопроводы, оболочки и броню кабелей.

Корпуса электрических аппаратов, панелей управления, каркасы ограждения и металлические конструкции РУ закрытого типа соединяют с заземляющей магистралью, имеющей непосредственное присоединение в двух местах с контуром заземления ТП.

Оболочки кабельных вводов на ТП магистральной или местной связи, телекоммуникационных сетей напряжением до 1000 В не соединяют с контуром заземления подстанции, а сами кабели по территории подстанции прокладывают в изоляционных трубах; внутри здания подстанции кабели прокладывают без металлических оболочек и брони.

### **Конструкция контура заземления**

Контур заземления на открытой части стационарной ТП располагают по всей площади, занимаемой электрооборудованием. Его выполняют в виде горизонтальной заземляющей сетки из проводников, уложенных в земле на глубине 0,5-0,7 м.

Продольные заземлители прокладывают вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на расстоянии 0,8-1,0 м от фундамента или основания. Допускается увеличение этого расстояния до 1,5 м с прокладкой одного заземлителя для двух рядов оборудования, если расстояние между их фундаментами и основаниями не превышает 3,0 м.

Поперечные заземлители прокладывают в удобных местах между оборудованием с расстоянием, увеличивающимся от периферии к центру, но не более 4; 5; 7,5; 9; 11; 13,5; 16 и 20 м. Размеры ячеек заземляющей сетки, примыкающих к местам присоединения нейтралей силовых трансформаторов и короткозамыкателей должны быть не более 6 х 6 м.

Горизонтальная заземляющая сетка при необходимости (доведение до нормы сопротивления заземлителя или напряжения на нем) может дополняться вертикальными электродами, количество которых и размещение определяют расчетом.

При выполнении заземляющего устройства по нормам напряжения прикосновения, размеры ячеек определяют расчетом, но не более 30 м на сторону; глубина прокладки заземляющей сетки может быть уменьшена до 0,3 м.

В зоне рабочего места у электрооборудования выполняют подсыпку щебня слоем 0,1-0,2 м.

Контурный проводник по периметру сетки должен охватывать РУ, а также производственные здания и сооружения. Расстояние от границ контурного проводника до ограды ТП с внутренней стороны должно быть не менее 2 м; у входов и въездов на территорию подстанции между оградой и заземлителем осуществляется выравнивание потенциалов двумя вертикальными заземлителями длиной 3-5 м, размещенными напротив входа (по его ширине) у контурного проводника.

Если контур заземления не размещается на ограждаемой территории, он может быть вынесен за пределы территории подстанции; при этом металлические части и арматура стоек железобетонной ограды подстанции соединяют с контуром.

Вокруг границы выносного заземлителя на расстоянии 1 м укладывают один проводник на глубине 1,5 м, соединяемый с заземлителем не менее чем в четырех местах.

### **Техническое обслуживание и ремонт заземляющих устройств**

На каждое находящееся в эксплуатации заземляющее устройство должен быть составлен паспорт, содержащий схему заземления, основные технические данные, сведения о результатах проверки его состояния, характере проведенных ремонтов и изменениях, внесенных в данное устройство.

Порядок заземления электроустановок и конструктивное выполнение заземляющих устройств приведены в [1].

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

При осмотре заземляющего устройства проверяются:

Отсутствие коррозии и механических повреждений заземляющей проводки;

Состояние стыковых соединений (особенно болтовых);

Отсутствие нагрева заземляющих проводников;

Состояние пробивных предохранителей в электроустановках напряжением до 1 кВ, искровых промежутков, короткозамыкателей или диодношунтовых заземлителей в цепи отсоса постоянного тока 3,3 кВ;

Состояние отличительной окраски;

Ремонт по техническому состоянию проводится по результатам осмотров и выявлении неисправностей.

При текущем ремонте заземляющего устройства выполняются:

Определение степени воздействия коррозии на заземляющие проводники;

Проверка отсутствия нагрева рабочих заземлений;

Проверка стыковых соединений с затяжкой болтов;

Замена неисправных элементов заземляющей проводки;

Обновление отличительной краски;

Проверка коррозионного состояния элементов заземляющего устройства находящихся в земле;

Измерение сопротивления заземляющего устройства;

Измерение удельного сопротивления грунта;

Проверка наличия цепи между заземлителями и заземляемыми элементами;

Проверка состояния пробивных предохранителей в электроустановках напряжением до 1 кВ, искровых промежутков, короткозамыкателей (ПКЗ-73) или дренажно-шунтовых заземлителей (ПДШЗ) в цепи отсоса 3,3 кВ.

При межремонтных испытаниях выполняются:

Проверка напряжения прикосновения (в электроустановках, выпущенных по нормам на напряжение прикосновения);

Проверка коррозионного состояния элементов заземляющего устройства, находящихся в земле;

Проверка сопротивления заземляющего устройства;

Измерение удельного сопротивления грунта;

Проверка цепи фаза-нуль в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью.

Объем капитального ремонта определяется по состоянию заземляющих устройств и результатам испытаний. После капитального ремонта проводятся испытания, проверка наличия цепи между заземлителями и заземляемыми элементами, состояние пробивных предохранителей, искровых промежутков, ПКЗ-73 и ПДШЗ.

При проверке коррозионного состояния элементов заземляющего устройства, находящихся в земле, проверка в первую очередь проводится вблизи нейтралей силовых трансформаторов, мест заземления короткозамыкателей, разрядников, ОПН, в местах выхода из зданий и в местах, где заземлители наиболее подвержены коррозии (контрольные точки). Взятые на учет контрольные точки проверяются не реже одного раза в 5 лет.

После вскрытия грунта качество неразъемных соединений и целостность элементов проверяется визуально и простукиванием молотком. Оценка степени коррозионного износа проводится выборочно путем измерения характерных размеров заземлителя штангенциркулем после удаления с его поверхности продуктов коррозии. Элемент заземлителя должен быть заменен, если коррозией разрушено более 50% его сечения.

### **Межремонтные испытания заземляющих устройств**

Состав исполнителей: электромеханик - 1, электромонтер ТП 3-го разряда - 1;

# Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Условия выполнения работ:

Работа выполняется по распоряжению, без снятия напряжения и вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением.

Защитные средства, приборы, инструмент, приспособления и материалы: каска защитная, прибор Ф4103-М1, измеритель сопротивления МС-08(07), омметр типа М372, мост ММВ, напильник трехгранный, комплект гибких проводов сечением не менее 1,5  $\text{мм}^2$  длиной 30 и 25 м, стальные штыри длиной 1м диаметром от 15 до 20 мм, лопата, лом, молоток.

Схема последовательности технологического процесса:

Осмотр заземляющего устройства: проверить состояние заземляющих устройств, обратив внимание на отсутствие обрывов, механических повреждений, коррозии, следов нагрева.

Проверка соединений с заземляющими элементами: проверка надежности соединений в заземляющей проводке и присоединения ее к заземляющим элементам оборудования выполняется простукиванием молотком и измерением переходного сопротивления.

Проверка состояния элементов защитных устройств, находящихся в земле: проверка выполняется при вскрытии грунта согласно схеме заземляющего устройства в местах, наиболее подверженных коррозии.

Измерение сопротивления ЗУ: измерение сопротивления ЗУ (контура) следует проводить в период наибольшего высыхания грунта прибором МС-08(07).

Измерение удельного электрического сопротивления грунта.

Проверка цепи «фаза-ноль» в электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью.

Указанные выше работы завершаются закрытием распоряжения и записью результатов замеров в журнал.

## Список использованных источников

1. Инструкции по заземлению устройств энергоснабжения на электрифицированных железных дорогах - ЦЭ-191, 2025 г. Последняя редакция.
2. Мамедов, Г. М. К расчету устройств автоматического регулирования с встречно-параллельным корректирующим устройством / Г. М. Мамедов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 15 ноября 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 88-91. – EDN IOGTCK.
3. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.
4. Евстигнеев, М. И. Комплексная проверка состояния и ремонт контактной подвески / М. И. Евстигнеев, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 64-71. – EDN SFSYBR.

5. Мамедов, Г. М. Электротехника и электроника. Основы электроники : учебное пособие / Г. М. Мамедов ; Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; Московский гос. ун-т путей сообщ.. – Москва : РОАТ, 2011. – 59 с. – ISBN 978-5-7473-0577-9. – EDN QMLYTR.

6. Исследование характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором с использованием Labview технологий / А. А. Кнутов, И. Ю. Никитин, Н. И. Климентов, Г. М. Мамедов // Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники : Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции, Воронеж, 15–16 мая 2017 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 81-86. – EDN ZVVXXV.

УДК 661.93:[629.7.08 «АКДС, ТКДС»:625.717]

**Исследование промышленных установок для производства кислорода**

Овчаров В.Г., Демиденко Н.С., Востриков М.Р.

*ВУНЦ BBC BVA*

*Аннотация.* В статье рассматриваются промышленные установки для производства кислорода, их особенности, принципы действия и объемы производства. Потребность в кислороде растет с каждым днем, за счет увеличения сфер применения и объемов его потребления.

*Ключевые слова:* производство, кислород, промышленность, атмосферный воздух.

*Annotation.* The article discusses industrial oxygen production plants, their features, operating principles, and production volumes. The demand for oxygen is growing every day to the increasing scope of its application and consumption.

*Keywords:* production, oxygen, industry, rectification, atmospheric air.

Производство кислорода и его применение в различных сферах нашей страны с каждым годом все более увеличивается. При современном уровне техники кислород является одним из тех продуктов, без которых не может обойтись промышленность

В 1915 г. Россия по производству кислорода ( $O_2$ ) была крайне отсталой страной. В 1916 г. в России существовало всего 18 небольших кислородных установок. Общая мощность этих установок составляло на 1920 г. 1,8 млн. $m^3$  кислорода в год. Развитие кислородного производства в нашей стране началось после Октябрьской социалистической революции то есть с 26 октября 1917 года. К 1929 г. производство кислорода( $O_2$ ) в стране возросло до 8,8 млн. $m^3$  в год, а мощность при этом увеличилась аж до 150  $m^3$  в час.

В 1933 г. выпуск кислорода ( $O_2$ ) достиг уже до 30 млн.  $m^3$  в год, а в 1940 г. Советский Союз по производству кислорода ( $O_2$ ) занял первое место в Европе и увеличили свои показатели с этой сферой. В 1934 г. инженерами было освоено производство сложной аппаратуры и компрессоров для различных кислорододобывающих установок. После окончания Великой Отечественной войны на 1950г. было предусмотрено развитие кислородного оборудования и внедрение кислорода в технологические процессы различных установок. За это время увеличился выпуск кислородных установок в несколько раз. Такое увеличение кислорода и кислородного оборудования объясняется улучшением работы различных предприятий в России.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

В 1970 году к 100-летию со дня рождения Ленина была введена в строй кислородно-азотная станция КАС-1 с самым передовым по тем временам оборудованием воздухоразделения.

Принципиальная схема этой установки базируется на комплексном разделении атмосферного воздуха методом глубокого охлаждения с последующей ректификацией, разделением его в аппарате двухкратной ректификации.

Атмосферный воздух очищается от влаги, двуокиси углерода, и других примесей в блоке комплексной очистки (БКО). Применение в качестве адсорбента в БКО цеолитов новейших разработок и постоянный контроль выпускаемого продукта по ключевым характеристикам(температура, точка россы и процентное содержание) позволяют гарантировать высокое качество продукции. Выводимые из блока разделения продукты в газообразном виде поступают в цеховые коллекторы для последующего сжатия и подачи потребителям по трубопроводу, а в жидким виде - в коллекторы системы хранения жидких продуктов.

Таблица 1 – Технические характеристики кислородно-азотная станция КАС-1

Параметр	Значение
Чистота азота, %	от 90 до 99,9999
Чистота кислорода, %	до 95
Производительность, $\text{нм}^3/\text{час}$	от 1 до 3000
Давление на выходе из станции ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ )	от 0,1 до 350
Точка росы сжатого азота/кислорода, С	до -70/-50
Температура окружающей среды, С	от -60 до +40

В 1989 году введена в строй новая кислородная станция КАС-2. Она включает в себя систему хранения и газификации жидкого кислорода. Так же эта станция подает газообразный кислород на сталеплавильную печь. КАС-2 была построена в 1988 году, и до 2017 года имела в составе одну воздухоразделительную установку Кж-2.



Рисунок 1 – Внешний вид кислородно-азотная станция КАС-1

Рисунок 2 – Внешний вид кислородно-азотная станция КАС-2

Рисунок 3 – Внешний вид азотно-кислородного цеха (АКЦ)

С 1979 года началось строительство азотно-кислородного цеха (АКЦ) в городе Томск, расположенном на востоке Западной Сибири на берегу реки Томи.

Через год ее ввели в эксплуатацию и 28 декабря 1980 года в 23 часа по Московскому времени на установке разделения воздуха А-8-1 получен первый азот. Инженеры были удивлены этому событию.

В октябре 1992 года началась реализация жидкого и газообразного кислорода ( $O_2$ ), а также жидкого азота ( $N_2$ ) для различных нужд города. В январе 1994 года кислород газообразный стал подаваться по трубопроводам на производство полиэтилена Томского нефтехимического завода. В период с 2004–2006 год эта установка нуждалась в модернизации и заменой оборудования. В декабре 2017 г. введено новое производство технических газов и сжатого воздуха на базе существующего азотно-кислородного цеха (АКЦ).

Библиографический список

1. Глизманенко Д.Л. Получение кислорода / Д.А. Глизманенко. – М.: Химия, 1972. – 752 с.
2. ГОСТ 5583-1978. Кислород газообразный технический и медицинский. Технические условия М.: Изд-во стандартов, 1978. с.9-10
3. ГОСТ 6331-1978. Кислород жидкий технический и медицинский. Технические условия М.: Изд-во стандартов, 1978. с.2
4. Жарков А.Л., Козлов А.В. Воздухоразделительные установки. Учебник. - Воронеж, ВАИУ, 2010.- с.3-6, 107, 271-275.

УДК 625.768.5

**Вопросы моделирования граничных условий разрушения ледового слоя устройством для очистки технологических поверхностей от снега и льда**

*Павлов В.М.*

*ВУНЦ BBC BVA, г. Воронеж*

*Аннотация:* Для обеспечения возможности перемещения различных транспортных средств в зимний период целесообразно производить очистку опорных поверхностей от снега и льда. В статье рассматриваются вопросы совершенствования устройств для очистки указанных поверхностей посредством их моделирования.

*Ключевые слова:* транспортное средство, поверхность, очистка, снег, лёд, устройство, совершенствование, патент.

*Abstract:* In order to ensure the possibility of moving various vehicles in the winter period, it is advisable to clean the supporting surfaces from snow and ice. The article examines the issues of improving the devices for cleaning the said surfaces, and provides an example of such a device protected by a patent for an invention.

*Keywords:* vehicle, surface, cleaning, snow, ice, device, improvement, patent.

Обеспечение безопасности полётов воздушных судов (в частности – самолётов) осуществляется не только непосредственно во время полёта диспетчерскими службами [10], но и на земле специальным обслуживающим персоналом. В частности, движение воздушных судов по взлётно-посадочной полосе (ВПП) как в процессе взлёта, так и при их посадке не должно отклоняться от намеченной траектории. В зимний период времени [5], когда на ВПП (а также на автомобильных и железных дорогах общего и необщего пользования) возможно образование снега и льда [8, 9], достичь этого можно лишь благодаря предварительной очистке траектории движения от снежно-ледовых наростов. Однако, существующие технические средства удаления снега и льда [6] не в полной мере обеспечивают качество очистки взлётно-посадочной полосы.

В ВУНЦ BBC BVA было разработано устройство [7] для очистки снежно-ледовых масс с поверхности автомобильных и железных дорог, а также взлётно-посадочных полос аэродрома, принципиальная схема которого представлена на рис. 1.

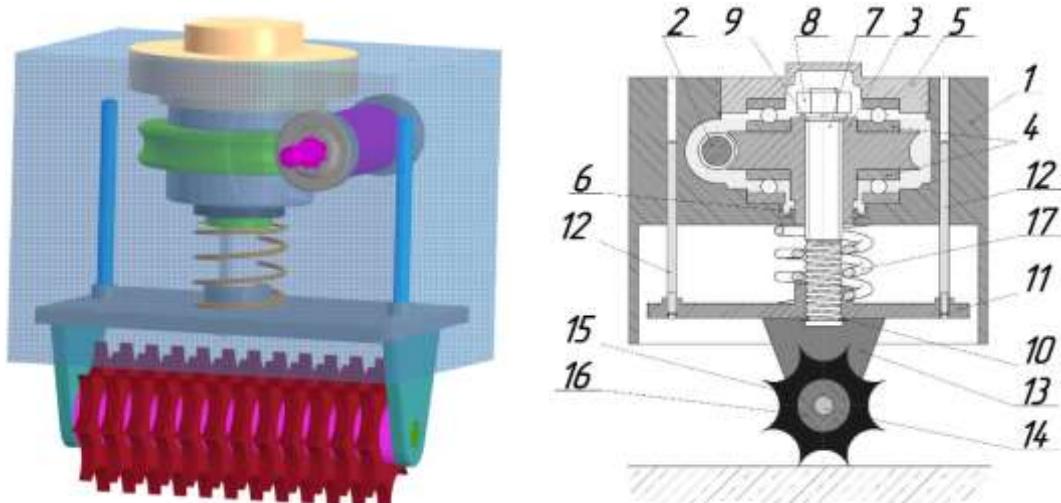


Рисунок 1 – Принципиальная схема устройства очистки снежно-ледовых масс с поверхности дорог

Отличительной особенностью данной конструкции (рис. 1) является то, что на штоке 7 посредством стопорного разрезного кольца 10 зафиксирована опорная пластина 11 с закреплёнными в ней (посредством резьбовых соединений) направляющими штоками 12, сопрягаемыми с корпусом 1 по гарантированной посадке с зазором, и кронштейн 13, присоединённый к пластине 11 при помощи электрической или газовой сварки, на оси 14 которого закреплены свободно вращающиеся элементы для очистки ото льда в виде звёздочек 15, разделённых антифрикционными шайбами 16 и постоянно прижатыми к очищаемой поверхности пружиной 17.

При разрушении ледового покрытия определяющим фактором является усилие  $P_n$ , которым звёздочка действует на сформировавшийся ледовый слой (рис. 2). При  $P_n > P_{min}$  (где  $P_{min}$  – минимальное усилие воздействия, Н) будет осуществляться разрушение слоя льда ведущим (по направлению движения устройства) зубом звёздочки с последующим доразрушением ледового слоя на поверхности ВПП ведомым зубом звёздочки.

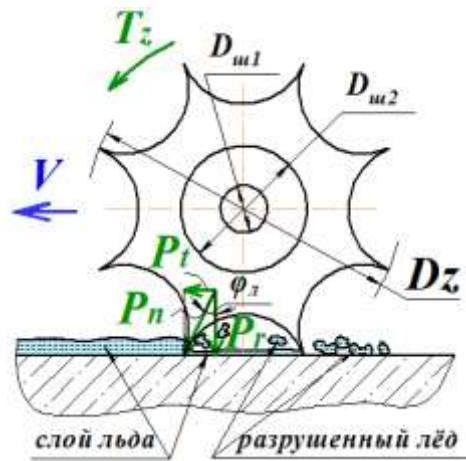


Рисунок 2 – Силовая схема разрушения ледового покрытия

Окружная сила  $P_t$ , путём создания ею (через пару соответствующих сил с точкой поворота в центре оси звёздочки) вращающего момента  $T_z$  (Н·м), является причиной проворота звёздочки вокруг её оси в случае встречи последней с непреодолимым препятствием (например, камни), в том числе – большим количеством ледовой массы чрезвычайно большой плотности. Величина вращающего момента  $T_z$  зависит от диаметра вершин  $D_z$  (мм) звёздочки и в данном случае может быть определена по формуле:

$$T_z = P_t \cdot D_z \cdot \cos \varphi_l = P_r \cdot \operatorname{tg} \varphi_l \cdot D_z \cdot \cos \varphi_l, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (1)$$

При этом указанного вращения не будет в случае обеспечения условия  $T_z \leq T_{TP}$ , где  $T_{TP}$  – момент трения, создаваемый в месте контакта звёздочки с антифрикционными шайбами. Момент трения зависит от пары трущихся между собой материалов, что определяется коэффициентом трения  $f_{TP}$ , а также от усилия затяжки  $F_{зат}$ , формируемого вдоль оси вращения звёздочки. Кроме того, в расчёт принимается средний радиус поверхности трения антифрикционных шайб ( $R_{cp} = (D_{u2} - D_{u1})/2$ , мм), а также количество пар поверхностей трения  $i_z$ :

$$T_{TP} = f_{TP} \cdot F_{зат} \cdot R_{cp} \cdot i_z, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (2)$$

Непосредственное разрушение ледовых масс на ВПП осуществляется радиальной составляющей усилия  $P_n$  силой  $P_r$ , при этом в случае обеспечения условия  $P_r \geq P_{r\min}$  (где  $P_{r\min}$  – минимально допустимая сила воздействия на ледовый слой, Н) контактная поверхность очищающего элемента (звёздочки) будет врезаться в ледовый слой, разрушая его по направлению движения устройства.

Основываясь на том, что по обе стороны от установленной на оси звёздочки располагаются антифрикционные шайбы, образующие для одной звёздочки 2 пары поверхностей трения, выражение для момента трения  $T_{TP}$  примет вид:

$$T_{TP} = 2 \cdot f_{TP} \cdot F_{зат} \cdot R_{cp} \cdot n_z, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3)$$

откуда с учётом условия  $T_z = P_r \cdot \operatorname{tg} \varphi_l \cdot D_z \cdot \cos \varphi_l \leq T_{TP}$  величина усилия затяжки  $F_{зат}$ , формируемого вдоль оси вращения звёздочек, определится как:

$$F_{зат} \geq \frac{P_r \cdot \operatorname{tg} \varphi_l \cdot D_z \cdot \cos \varphi_l}{2 \cdot f_{TP} \cdot R_{cp} \cdot n_z}, \text{ Н} \quad (4)$$

Учитывая вышеприведённую зависимость для среднего радиуса поверхности трения антифрикционных шайб, окончательно получим:

$$F_{зат} \geq \frac{P_r \cdot \operatorname{tg} \varphi_l \cdot D_z \cdot \cos \varphi_l}{f_{TP} \cdot (D_{u2} - D_{u1}) \cdot n_z}, \text{ Н} \quad (5)$$

В работе В.Г. Занегина и В.Г. Цуприк отмечалось, что исследование контактного разрушения ледового слоя требует использования характеристики прочности льда, которая достаточно традиционно определяется с применением в качестве критерия разрушения льда предела его прочности по испытаниям образцов на одноосное сжатие  $\sigma_B$ . Как отмечалось в исследовании Н.Н. Бычковского и Ю.А. Гурьянова [1] предел прочности льда обычно определяется как величина максимального напряжения (сопротивления) в испытываемом образце льда перед его разрушением при «быстрым» нагружении. При этом в зависимости от вида деформации различают пределы прочности льда при его сжатии, растяжении, срезе и изгибе. По данным [2] прочность естественного ледяного покрова по его толщине не одинакова и наиболее высоким пределом прочности обладает лёд в средней части сформированного покрова, а наименьшей прочностью – лёд в нижней части покрова. Автором указывается, что среднее значение предела прочности льда при температуре 0...5°C и одностороннем его сжатии (что и наблюдается при удалении ледовых масс с поверхности ВПП) колеблется в пределах  $\sigma_B = 0,9\ldots3,2$  МПа. По сведениям того же автора величина предела прочности при срезе льда так же, как и при других видах разрушения, может изменяться в зависимости от структуры льда в направлении среза относительно направления осей кристаллов, при этом сопротивление льда срезу зависит от величины нормального давления в плоскости среза, увеличиваясь с ростом последнего. При этом при температуре 0...15°C автором указываются средние значения предела прочности льда при его срезе в пределах  $\sigma_B = 0,6\ldots1,3$  МПа. В целом же проведёнными исследованиями целого ряда авторов (например, [3, 4] и других) установлено, что российские и зарубежные нормативы по расчёту прочности льда на одноосное сжатие дают разброс величин от 0,3 до 3,3 МПа.

Выполненным нами анализом было установлено, что в процессе очистки взлётно-посадочной полосы от скоплений льда (в том числе – намёрзшего на поверхность ВПП) имеет место переходное состояние воздействия контактирующих поверхностей звёздочек устройства на лёд, сопровождаемое как его сжатием, так и срезом, что обуславливает необходимость принятия к дальнейшему исследованию величину предела прочности льда  $\sigma_B = 3,3$  МПа. Однако при этом следует учесть, что лёд на поверхности ВПП может быть образован в результате неоднократного наслаждения ледовых масс друг на друга, которые, в свою очередь, могут примёрзнуть к взлётно-посадочной полосе. По данным [1] прочность смерзания льда с различными телами зависит от материала, характера его поверхности и окружающей температуры и являются в целом весьма значительными [2], в том числе при смерзании льда с бетоном (основным материалом ВПП). Принимая во внимание данные соображения, величину максимального напряжения материала ледового слоя целесообразно принимать с учётом коэффициента запаса прочности ледового слоя на поверхности ВПП [n], а именно:

$$[\sigma_{il}] = \sigma_B \cdot [n], \text{ МПа} \quad (6)$$

*Работа выполнена под руководством доцента Платонова А.А.*

#### Библиографический список

1. Бычковский Н.Н. Ледовые строительные площадки, дороги и переправы: монография / Н.Н. Бычковский, Ю.А. Гурьянов. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2005. – 260 с.
2. Войтковский К.Ф. Механические свойства льда / К.Ф. Войтковский. – М: Изд-во АН СССР, 1960. – 564 с.

3. Козин В.М. Технология определения физико-механических свойств модельного льда / В.М. Козин, В.Л. Земляк, Н.О. Баурин, К.И. Ипатов // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2016. № 4 (25). С. 32-40.
4. Коновалов С.В. Обзор физико-механических свойств льда / С.В. Коновалов // Вестник науки и образования. 2020. № 11-1 (89). С. 34-39.
5. Минаков Д.Е. Вопросы обеспечения безопасности движения подвижного состава в зимний период / Д.Е. Минаков, А.А. Платонов, М.А. Платонова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 3-1(8-1). – С. 291-296. – DOI 10.12737/4605.
6. Патент № 2556898 С1 Российская Федерация, МПК Е01Н 8/12. Устройство для очистки рельсовых путей: № 2014107412/13: заявл. 26.02.2014: опубл. 20.07.2015 / Р.В. Юдин, А.А. Платонов, М.А. Платонова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова».
7. Патент № 2832699 С1 Российская Федерация, МПК Е01Н 5/12. Устройство для очистки поверхности взлётно-посадочных полос аэродрома от снега и льда: заявл. 05.03.2024: опубл. 27.12.2024 / А.А. Платонов, Н.А. Сердюкова, И.М. Матяев; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина».
8. Платонов А.А. К вопросу обеспечения транспортной доступности отдаленных населенных пунктов дорожно-рельсовыми автобусами / А.А. Платонов // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2017. – № 1. – С. 45-49.
9. Платонов А.А. Специализированные грузовые транспортные средства на комбинированном ходу / А.А. Платонов, Н.Н. Киселева // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 3. – С. 179-183.
10. Шамсиев З.З. К оценке уровня безопасности полетов воздушных судов в аспектах диспетчерского обслуживания / З.З. Шамсиев, Н.С. Рустамов // Теория и практика современной науки. – 2020. – № 3(57). – С. 275-280.

УДК 630\*408

**Исследование долей численности видов нежелательной растительности, произрастающей на территориях линейных объектов**

*Платонов А.А.<sup>1</sup>, Платонова М.А.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж*

*<sup>2</sup>Воронежский институт высоких технологий*

**Аннотация:** При самопроизвольном возобновлении нежелательной древесно-кустарниковой растительности на территориях линейных объектов наблюдается произрастание различных видов указанной растительности. В статье рассматриваются вопросы выявления относительной численности видов древесно-кустарниковой растительности.

**Ключевые слова:** нежелательная растительность, удаление, механизация, самопроизвольное возобновление, численность.

**Abstract:** When undesirable trees and shrubs spontaneously regenerate within the boundaries of linear features, various species of these vegetation grow. The article discusses the issues of identifying the relative abundance of tree and shrub vegetation species.

*Keywords:* unwanted vegetation, removal, mechanization, spontaneous regeneration, numbers.

В ходе исследования причин непрерывного самопроизвольного возобновления произрастания нежелательной древесно-кустарниковой растительности [3, 5, 6] на территориях полос отвода автомобильных и железных дорог, охранных зон линий электропередачи [8], газо- и нефтепроводов (рис. 1) возникла необходимость выявления относительной численности того или иного вида нежелательной растительности, произрастающих на указанной территории [4, 7].



а) участок Таловая-Лиски (Хреновая, 237км-235км); б) участок между передающими станциями Синдякино – Конь-Колодезь (Бузина чёрная)

Рисунок 1 – Заросшие территории полос отвода и охранных зон

Указанная численность традиционно выявляется посредством применения коэффициента Чекановского [1, 2, 9]:

$$K_{Ch} = \sum_{i=1}^{n, k} \min(f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{n1}, f_{k2}) \quad (1)$$

где  $f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{n1}, f_{k2}$  – доли численности каждого  $i$ -го вида нежелательной растительности на одной (индекс «1») и другой (индекс «2») обследуемых (и взаимно сравниваемых) территориях при общем количестве указанных видов для данных территорий, равном соответственно  $n$  и  $k$ .

Определение значений коэффициента Чекановского осуществлялось в программе Microsoft Excel, при этом предварительно нами формировалась матрица значений долей численности каждого  $i$ -го вида нежелательной растительности на каждой из обследуемых территорий (рис. 2).

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

		лист2 Подкапустные - Чертополовые	лист3 Подкапустные - Чертополовые	лист4 Разница 239 км Шилово	лист5 Разница 239 км Шилово	лист6 Белгород- Нижнегородск	лист7 Белгород- Нижнегородск	лист8 Томск Стерлитамак
Берёза повислая	<i>Betula pendula</i> Roth	0,019071	0,015695	0,012755				
Берёза пушистая	<i>Betula pubescens</i> Erik	0,006292		0,006303				
Бузина красная	<i>Sambucus racemosa</i> L.							0,03
Бузина чёрная	<i>Sambucus nigra</i> L.							0,01
Бычий зев	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	0,024876	0,017937	0,011905	0,042857	0,012498	0,023026	0,01
Бук грабовицкий	<i>Ulmus glabra</i> Mill.	0,014925	0,006726	0,022109	0,013393	0,022277	0,013158	
Бук приземистый	<i>Ulmus pumila</i> L.	0,424544	0,466368	0,295068	0,177679	0,110057	0,141447	0,13
Дуб черешчатый	<i>Quercus robur</i> L.	0,011439	0,056034	0,010204	0,008036	0,008223		
Жасмин спиральный	<i>Rhamnus cathartica</i> L.				0,007143		0,003289	0,00
Жимолость татарская	<i>Lonicera tatarica</i> L.				0,006939		0,023026	
Ива белая	<i>Salix alba</i> L.						0,008224	

Рисунок 2 – Матрица значений долей численности видов нежелательной древесно-кустарниковой растительности

В конце матрицы нами организовывались столбцы для «постоянного» (рис. 3, поз. 1) и «переменного» (рис. 3, поз. 2) значений долей каждого  $i$ -го вида нежелательной растительности, произрастающих на сравниваемых территориях, при этом значения долей в данные столбцы копировались нами из вышеуказанной матрицы для соответствующе сравниваемых территорий. Столбцы «Перемножение долей» и «Разница долей» (рис. 3, поз. 3 и 4) были организованы нами для учёта особенностей определения коэффициента Чекановского, а именно то, что в его расчёту принимается наименьшее значение доли каждого  $i$ -го вида нежелательной растительности, при этом нередко величина указанной доли была равна нулю в случае полного отсутствия того или иного вида НДКР. Принимая это во внимание, столбец «Перемножение долей» служил индикатором обоюдного наличия (в случае получения отличного от нуля значения в соответствующей ячейке) или единичного/обоюдного отсутствия (в случае получения в соответствующей ячейке значения, равного нулю) на территории участка ЛИО  $i$ -го вида нежелательной растительности. Столбец «Разница долей» позволял сориентироваться в том, какая из сравниваемых долей больше, при этом положительное значение в соответствующей ячейке свидетельствовало о большей доли на «постоянной» сравниваемой территории, а отрицательное значение в соответствующей ячейке свидетельствовало о большей доли на «переменной» сравниваемой территории (рис. 3).

Величина коэффициента Чекановского для сравниваемых участков ЛИО определялась следующим образом. Скопировав в столбцы «постоянного» и «переменного» значений долей каждого  $i$ -го вида нежелательной растительности нами в столбце «Перемножение долей» выполнялся визуальный поиск отличного от нуля значения. При его нахождении для соответствующего выявленного вида нежелательной растительности в соседнем столбце «Разница долей» ориентировались в том, на какой из сравниваемых территорий доля выявленного вида НДКР больше. В случае выявления положительного значения нами изменялось значение доли нежелательной растительности с базового (исходного) значения на число «1» в столбце для «постоянной» территории, в случае выявления отрицательного значения – аналогично в столбце для «переменной» территории (рис. 4). Указанные действия обеспечивали выбор минимального значения доли каждого  $i$ -го вида нежелательной растительности, произрастающих на сравниваемых территориях, в столбце «Перемножение долей». Полученные значения долей из столбца «Перемножение долей» автоматически

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

копировались в столбец «Коэффициент Чекановского» и суммировались с получением итогового значения по всем присутствующим на сравниваемых территориях видам нежелательной растительности с учётом их относительной численности.

ист 15	для коэффиц. сравнения Чекановского по ЖД				коэффиц.
Утромка	постоянный	переменный	перемножение долей	разница долей	Чекановского
1	0,131653	0,064935	0,008549	0,000718	0,008549
	0,016807		0	0,016807	0
			0	0	0
			0	0	0
			0	0	0
			0	0	0
			0	0	0
	0,12605	0,134199	0,016916	-0,00815	0,016916
			0	0	0
			0	0	0
			0	0	0
	0,029879	0,207792	0,006209	-0,17791	0,006209
			0	0	0

Рисунок 3 – Промежуточная форма для определения значений коэффициента Чекановского

ист 15	для коэффиц. сравнения Чекановского по ЖД				коэффиц.
Утромка	постоянный	переменный	перемножение долей	разница долей	Чекановского
1	0,064935		0,064935	0,935065	0,064935
0,016807			0	0	0
			0	0,016807	0
			0	0	0
			0	0	0
			0	0	0
	0,12605	1	0,12605	-0,87395	0,12605
			0	0	0
			0	0	0
			0	0	0
0,029879	1		0,029879	-0,97012	0,029879
			0	0	0

Рисунок 4 – Окончательная форма для определения значений коэффициента Чекановского

Полученные нами величины коэффициента Чекановского для охранных зон линий электропередачи и полос отвода железных дорог представлены соответственно на рис. 5 и рис. 6.

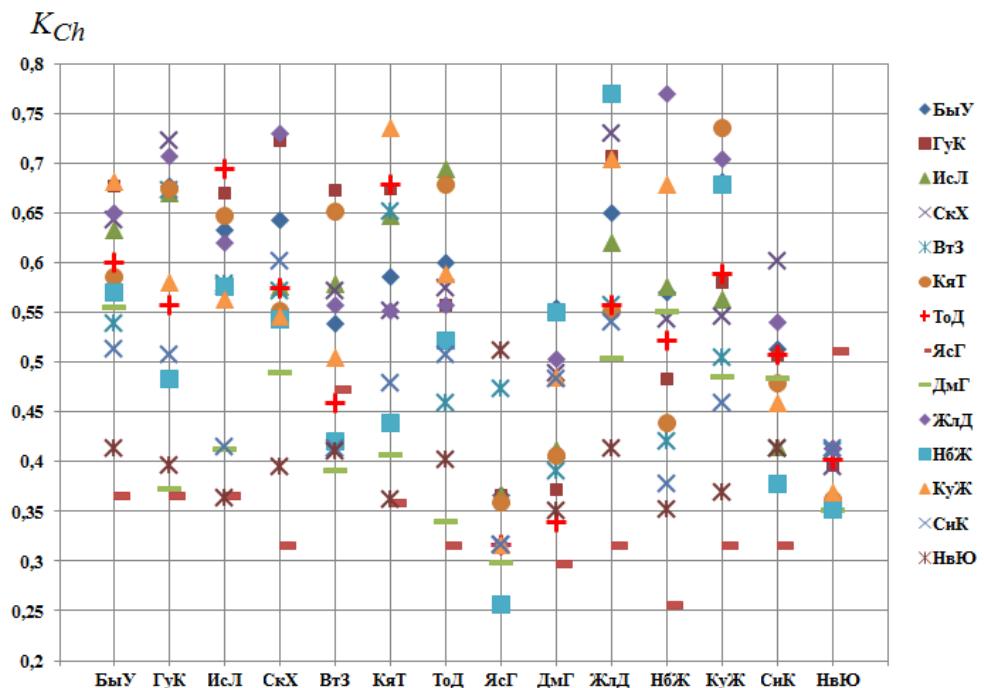


Рисунок 5 – Распределение значений коэффициента Чекановского для охранных зон линий электропередачи

На рис. 5 приведены следующие условные обозначения участков линейного инфраструктурного объекта: БыУ (ПС Быково-ПС Удобное, опоры №№ 1...61); ГуК (ПС Губкин - ПС Касторная, опоры №№ 1...66); Исл (ПС Истобное - ПС Ледовое, опоры №№ 42...140); СкХ (ПС Скородное - ПС Холодное, опоры №№ 12...73); ВтЗ (ПС Восточная - ПС Земснаряд, опоры №№ 1...12; КяТ (ПС Красная Яруга - ПС Томаровка, опоры №№ 44...105); ТоД (ПС Томаровка - ПС Дмитриевка, опоры №№ 145...184); ЯсГ (ПС Ясенки - ПС Горшечное, опоры №№ 1...31); ДмГ (ПС Дмитровская - ПС Гостомль, опоры №№ 27...59); ЖлД (ПС Железногорская - ПС Дмитровская, опоры №№ 53...122); НБЖ (ПС Новобрянская - ПС Железногорская, опоры №№ 501...564); КуЖ (Курская АЭС - ПС Железногорская, опоры №№ 148...181); СиК (ПС Синдякино - ПС Конь-Колодезь, опоры №№ 32...85); НвЮ (ПС Новая - ПС Южная, опоры №№ 15...48).

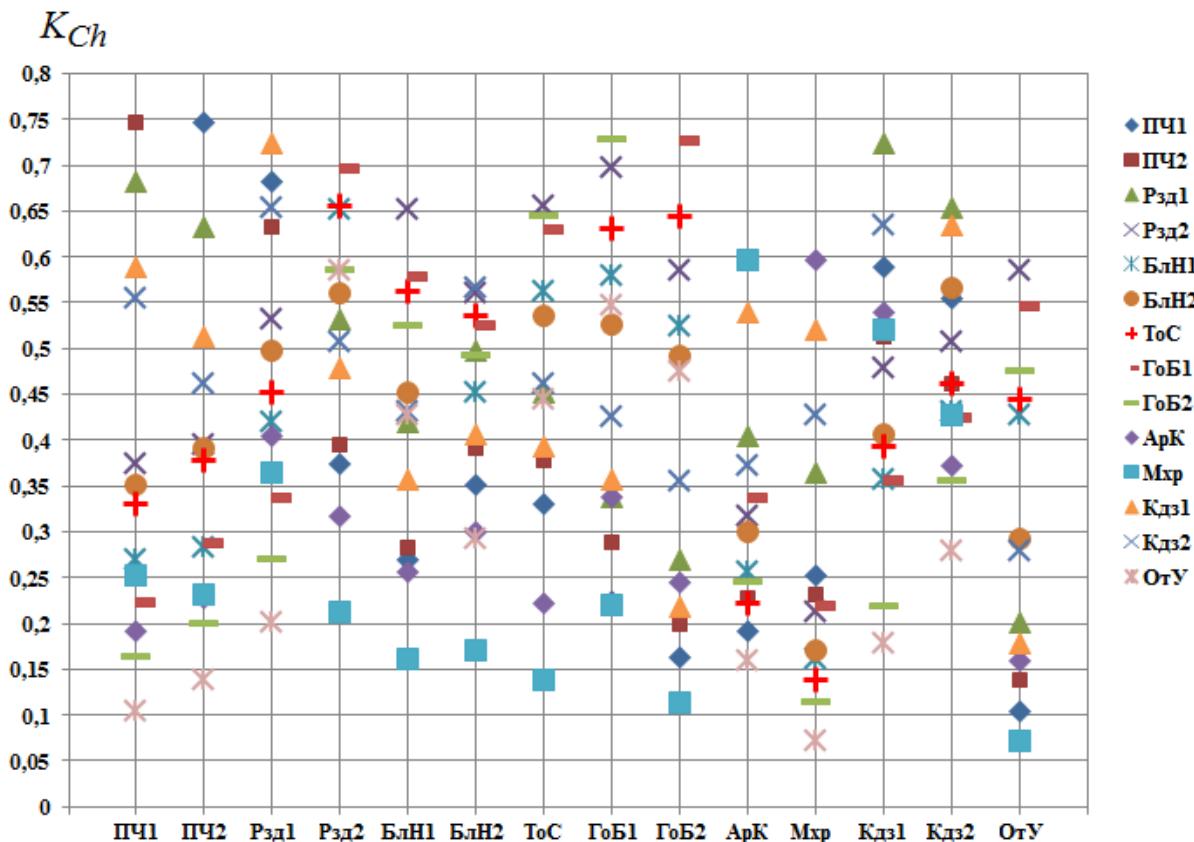


Рисунок 6 – Распределение значений коэффициента Чекановского для полос отвода железных дорог

На рис. 6 приведены следующие условные обозначения участков линейного инфраструктурного объекта: ПЧ1 (Подклетное – Чертовицкое, 2 км 8 пк ... 5 км 3 пк); ПЧ2 (Подклетное – Чертовицкое, 11 км 8 пк ... 13 км 2 пк); Рзд1 (Разъезд 239 км – Шилово, 2 км 1 пк ... 4 км 5 пк); Рзд2 (Разъезд 239 км – Шилово, 10 км 6 пк ... 12 км 7 пк); БлН1 (Белгород – Нежеголь, 7 км 7 пк ... 10 км 3 пк); БлН2 (Белгород – Нежеголь, 20 км 2 пк ... 23 км); ToC (Томаровка – Строитель, 1 км 4 пк ... 3 км 9 пк); ГоБ1 (Готня – Белгород, 113 км 1 пк ... 115 км 9 пк); ГоБ2 (Готня – Белгород, 100 км 6 пк ... 104 км 8 пк); АрК (Арбузово – Курбакинская, 46 км 3 пк ... 48 км 5 пк); Мхр (Михайловский рудник – 54 км, 3 км 5 пк ... 5 км 1 пк); Кдз1 (Колодезная – Оп 14 км, 5 км 9 пк ... 8 км 6 пк); Кдз2 (Колодезная – Оп 14 км, 10 км 8 пк ... 14 км 4 пк); ОтУ (Отрожка – Усмань, 574 км 4 пк ... 574 км 6 пк).

Полученные результаты распределения величин коэффициента Чекановского для охранных зон линий электропередач и полос отвода железных дорог позволили выявить наиболее типичные к произрастанию виды нежелательной древесно-кустарниковой растительности по указанным территориям.

#### Библиографический список

1. Биологический энциклопедический словарь / под ред. М.С. Гилярова. – М: Сов. энциклопедия, 1989. - 864 с.
2. Лебедева Н.В. Биоразнообразие и методы его оценки: учеб. пособие / Н.В. Лебедева, Н.Н. Дроздов, Д.А. Криволуцкий. – М: Изд-во Моск. ун-та, 1999. – 95 с.
3. Платонов А.А. Математическое моделирование оценки степени покрытия растительностью территорий инфраструктурных объектов / А.А. Платонов, М.А.

Платонова // Resources and Technology. – 2022. – Т. 19, № 4. – С. 23-41. DOI: 10.15393/j2.art.2022.6383

4. Платонов А.А. Общие требования к проведению ресурсоведческих работ на участках инфраструктуры / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Актуальные проблемы современного транспорта. – 2023. – № 1(11). – С. 23-29.

5. Платонов А.А. О возобновлении видов нежелательной растительности, произрастающей по территориям линейных инфраструктур / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022). Труды научно-практической конференции. г. Воронеж, 2022. – С. 158-166.

6. Платонов А.А. Оценка видового разнообразия растительности, произрастающей на территориях линейных инфраструктурных объектов Центральной России / А. А. Платонов // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13, № 1(49). – С. 180-193. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12

7. Платонова М.А. О позиционировании при натурном обследовании участков железных дорог / М.А. Платонова, А.А. Платонов // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2023»). Сборник статей Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2023. – С. 144-149.

8. Савицкая К.Л. Растительность просек воздушных линий электропередач: видовое разнообразие и закономерности процессов синантропизации / К.Л. Савицкая // Ботаника. Исследования. – 2019. – № 48. – С. 347-361

9. Kownacki A. Taxocens of Chironomidae in streams of the Polish High Tatra Mts / A. Kownacki // Acta hydrobiologica. – 1971. – Vol. 13 (№ 4). –pp. 5-6.

УДК 630\*415

**Исследование экспериментальных характеристик полосы, расчищаемой за один цикл работы корчевального оборудования**

Платонов А.А.<sup>1</sup>, Коротких В.Н.<sup>2</sup>

1. Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,  
2. Продимекс Агро, Воронеж

**Аннотация.** Одним из методов удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности с территорий различного функционального назначения является её выкорчёвывание. В работе рассматриваются вопросы выявления фактических величин характеристик полос поверхности земли, расчищенной от указанной растительности.

**Ключевые слова:** нежелательная растительность, удаление, объект, трубопроводный транспорт, классификация, насаждения.

**Abstract.** With proper maintenance of such transport infrastructure facilities as pipelines, work is organized periodically to remove unwanted vegetation from their territories. The paper examines the issues of classification of pipeline transport, information about which will allow for a more justified assignment of a specific technological process for removing vegetation.

**Keywords:** unwanted vegetation, removal, object, pipeline transport, classification, plantings.

Нежелательная древесно-кустарниковая растительность, самопроизвольно произрастающая вдоль целого ряда инфраструктурных объектов (например, полос отвода автомобильных и железных дорог, иных территорий [1, 5]), а также вдоль защитных лесных насаждений сельскохозяйственных угодий, оказывает негативное влияние на указанные (а также иные) объекты. В рамках нормативного содержания

линейных объектов инфраструктуры, а также в инициативном порядке, решением собственников территорий производится удаление нежелательной растительности с применением различных технологических процессов, а также технических средств [6]. Одним из методов очистки вышеуказанных территорий от нежелательной древесно-кустарниковой растительности является её выкорчёвывание специализированным корчевальным оборудованием [2, 7].

В ходе выполнения экспериментальных исследований удаления нежелательной растительности опытным образцом корчевального оборудования [3, 4], агрегатируемым с трактором типа «погрузчик» (рис. 1), осуществлялось, в частности, выявление параметров полосы, расчищаемой указанным корчевальным оборудованием за один цикл выполнения корчевальной работы.



Рисунок 1 – Рабочие моменты выполнения выкорчёвывания растительности

Опыты по выявлению фактических величин рабочей глубины  $h_{zUR}$  (см) хода зубьев корчевателя, ширины  $B_{UR}$  (см) и длины  $A_{UR}$  (см) полосы, расчищаемой за один цикл выполнения корчевальной работы, проводились на двух экспериментальных участках Воронежской области.

Статистическая обработка результатов определения вышеуказанных характеристик расчищаемой полосы (с вычислением выборочной средней  $\bar{X}$ , среднего квадратического отклонения  $\sigma$ , коэффициента вариации  $V$ , коэффициента осцилляции  $K_r$ , моментного коэффициента асимметрии  $A_s$ , эксцесса  $E_x$ , доверительного интервала, критерия согласия Пирсона  $K_{набл}$ ) позволила выявить следующее (таблицы 1-3).

Таблица 1 – Статистическая обработка результатов опытов по выявлению рабочей глубины  $h_{zUR}$  (см) хода зубьев корчевателя

Номер опыта	$\bar{X}$	$\sigma$	$V, \%$	$K_r, \%$	$A_s$	$E_x$	Доверительный интервал	$K_{набл}$
1	47,112	1,769	3,75	12,74	-0,109	-0,86	46,72... 47,5	10,17
2	47,839	1,828	3,82	14,63	-0,435	-0,65	47,59... 48,08	15,53
3	47,168	1,788	3,79	12,72	-0,068	-1,01	46,79... 47,5	9,56
4	47,748	1,692	3,54	14,66	-0,154	-0,53	47,52... 47,97	4,73
5	47,01	1,776	3,78	12,76	0,139	-0,98	46,63... 47,41	8,19
6	47,857	1,758	3,67	14,63	-0,161	-0,68	47,63...	7,35

							48,08	
Для участка 1								
-	47,101	1,779	3,78	12,74	-0,013	-0,96	46,91... 47,29	9,86
Для участка 2								
-	47,815	1,761	3,68	14,64	-0,205	-0,62	47,68... 47,94	10,24
Для всей выборки								
-	47,577	1,799	3,78	14,71	-0,142	-0,75	47,46... 47,68	10,08

По результатам выполнения опытов №№ 1…6 для выявленных величин рабочей глубины  $h_{z_{UR}}$  хода зубьев корчевателя можно отметить, что поскольку значения коэффициентов вариации  $V < 30\%$ , то исследованные совокупности являются однородными, а их вариация слаба, и полученным результатам можно доверять. Величины коэффициента осцилляции  $K_r$ , отражающего относительную колеблемость крайних значений случайных величин рабочей глубины  $h_{z_{UR}}$  хода зубьев вокруг их среднего значения, находятся в диапазоне 12,72…14,66 %., что было приемлемо для достижения целей проводимых экспериментов. Значения моментного коэффициента асимметрии  $A_s$  и показателя эксцесса  $E_x$  мало отличаются от нуля, поэтому можно предположить близость данных выборок к нормальному распределению. Рассчитанные значения доверительного интервала покрывают параметр  $\sigma$  с надёжностью  $\gamma = 0,954$ , при этом с вероятностью 0,95 можно утверждать, что среднее значение при выборке большего объёма не выйдет за пределы найденного интервала. Наблюдаемые значения статистики Пирсона для опытов №№ 1, 3…6 не попали в критическую область ( $K_{набл} < K_{kp} = 9,48…11,07$ ), поэтому нет оснований отвергать основную гипотезу о том, что данные выборок имеют нормальное распределение. Аналогичные данные были получены и при статистическом исследовании выявленных величин рабочей глубины  $h_{z_{UR}}$  хода зубьев корчевателя, полученных как по отдельным участкам (№№1 и 2) проведения эксперимента, так и для всей выборки.

В тоже время для результатов опыта № 2 проверка гипотезы о том, что случайная величина «рабочая глубина  $h_{z_{UR}}$  хода зубьев корчевателя» распределена по нормальному закону, не подтвердилась (критерий согласия Пирсона  $K_{набл} = 15,53 > K_{kp} = 9,48$ ).

Ввиду этого, и принимая во внимание полученные графические зависимости (гистограммы, полигоны эмпирических частот и вероятности для нормального распределения, рис. 2), с помощью правила 3-х сигм была проведена дополнительная проверка указанной гипотезы о том, что рассматриваемая случайная величина тем не менее распределена по нормальному закону.

Если случайная величина распределена нормально, то абсолютная величина её отклонения от математического ожидания не превосходит утроенного среднеквадратического отклонения, т.е. все значения случайной величины должны попасть в интервал  $\bar{X} - 3 \cdot \sigma … \bar{X} + 3 \cdot \sigma$ .

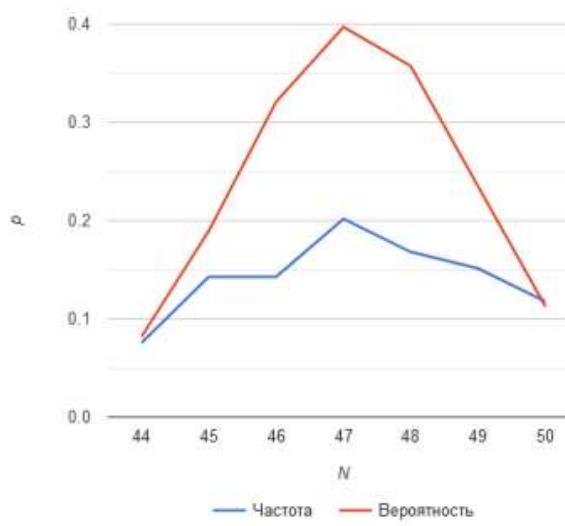
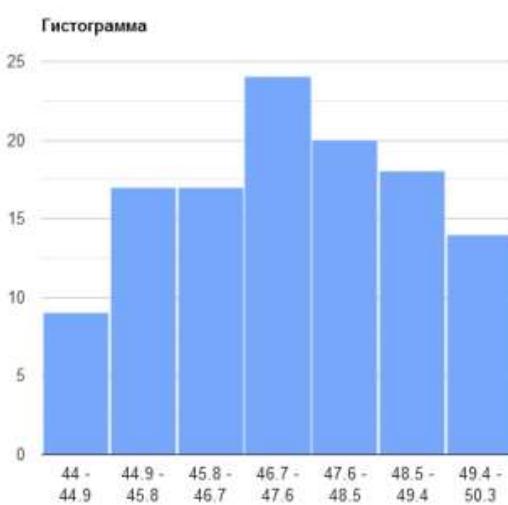
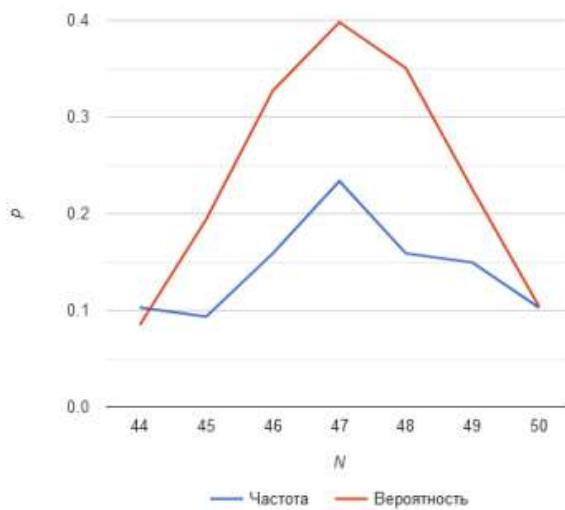
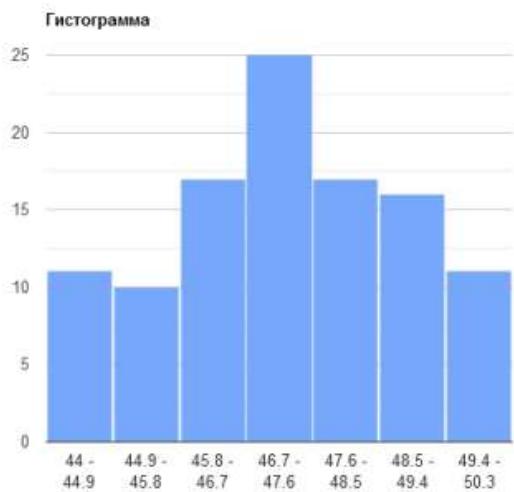
В рассматриваемом случае этот интервал составил  $47,839 - 3 \cdot 1,828 … 47,839 + 3 \cdot 1,828 = 42,355 … 53,323$  см. Все полученные

экспериментальные значения попали в указанный интервал, т.к.  $X_{\min} = 44$  см,  $X_{\max} = 50$  см, а следовательно гипотеза о том, что случайная величина «рабочая глубина  $h_{z_{UR}}$  хода зубьев корчевателя» распределена по нормальному закону по правилу 3-х сигм подтвердилась.

Принимая во внимание большую величину критерия согласия Пирсона  $K_{набл} = 10.08$ , полученную для всей выборки и приближенную к критическому значению статистики Пирсона  $K_{kp} = 11.07$ , было проведено дополнительное исследование по вышеозначенному правилу 3-х сигм. Для всей выборки распределения рабочей глубины  $h_{z_{UR}}$  хода зубьев корчевателя абсолютная величина её отклонения от математического ожидания составила:

$$47,577 - 3 \cdot 1,799 \dots 47,577 + 3 \cdot 1,799 = 42,18\dots 52,974 \text{ см}$$

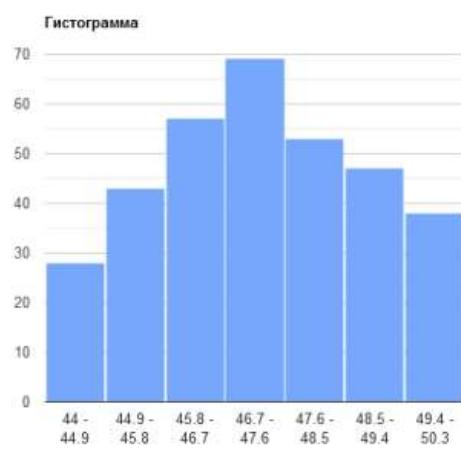
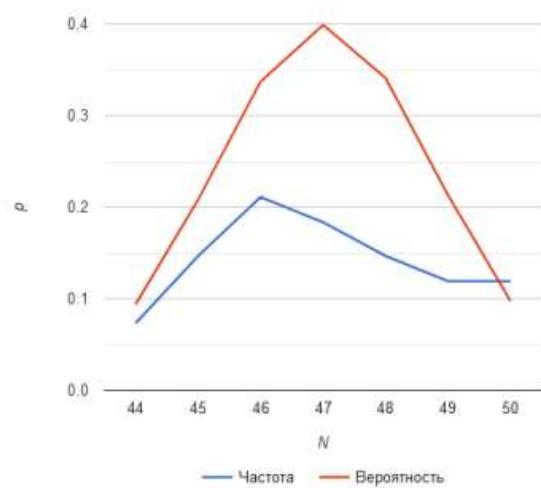
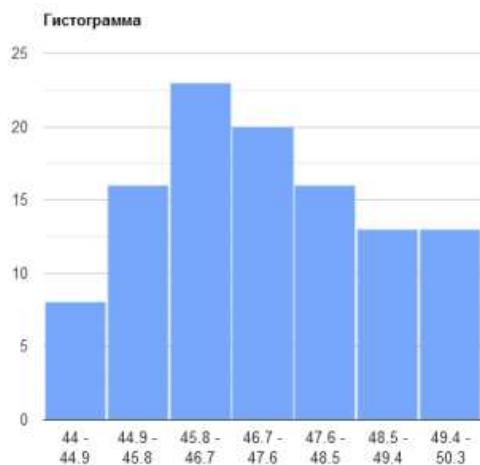
что дополнительно подтвердило гипотезу о том, что полученные в ходе проведения эксперимента величины рабочей глубины  $h_{z_{UR}}$  хода зубьев корчевателя имеют нормальное распределение.



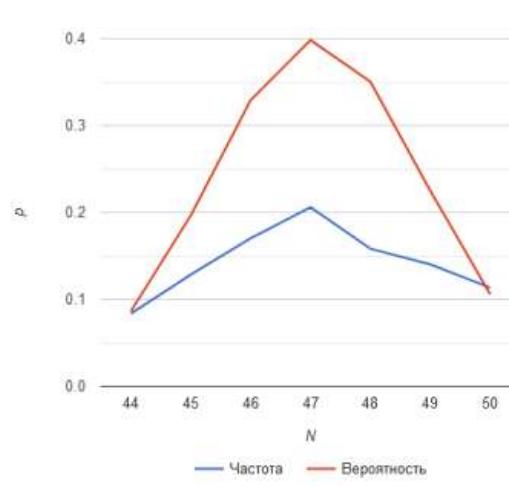
a)

б)

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

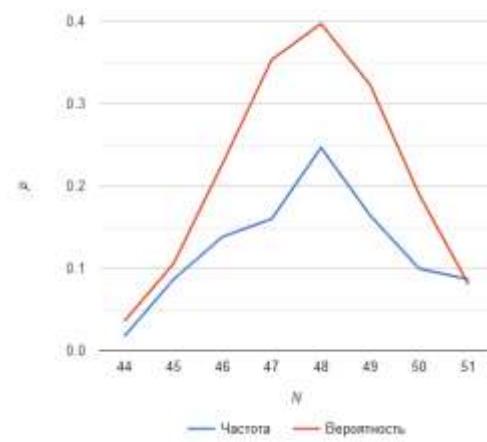
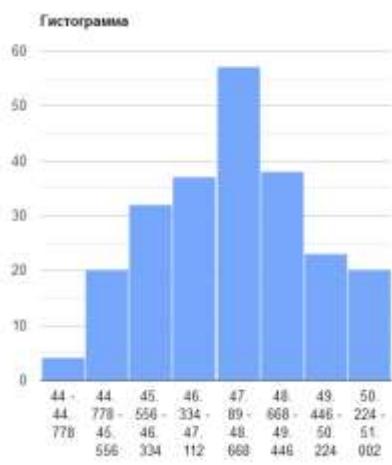
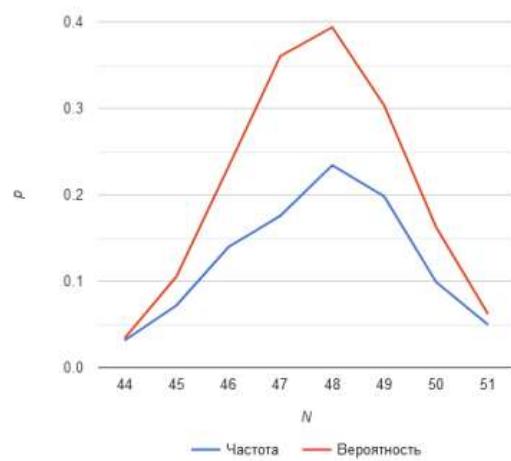
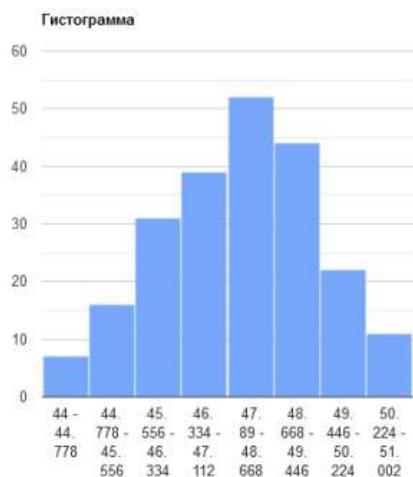


в)



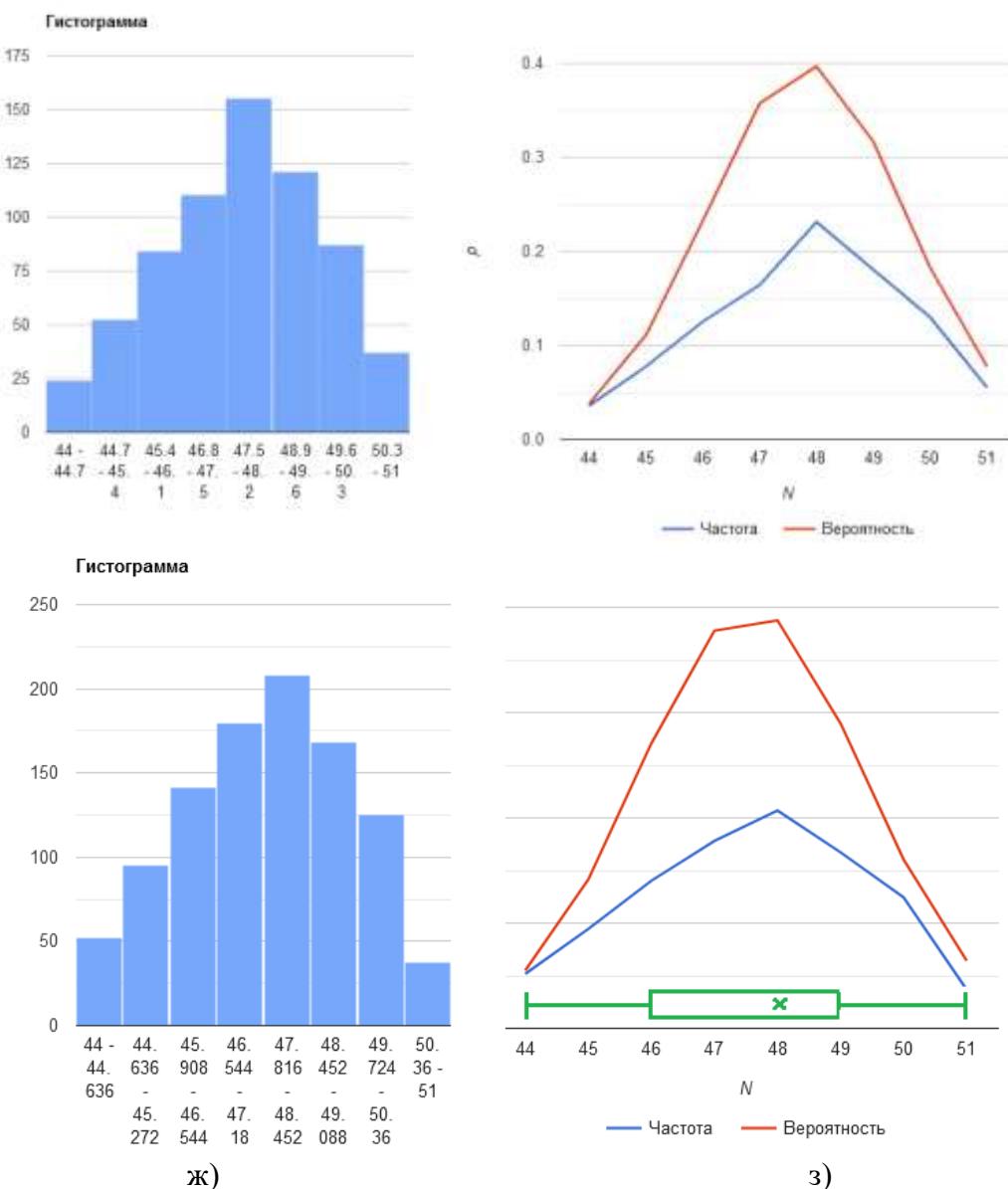
г)

Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.



д)

е)



ж)

з)

- а) опыт № 1; б) опыт № 3; в) опыт № 5; г) опытный участок № 1; д) опыт № 4;  
е) опыт № 6; ж) опытный участок № 2; з) общая совокупность данных

Рисунок 2 – Гистограммы, полигоны эмпирических частот и вероятности для нормального распределения рабочей глубины  $h_{zUR}$  (см) хода зубьев корчевателя

По результатам выполнения опытов №№ 1...6 для выявленных величин ширины  $B_{UR}$  (см) хода зубьев корчевателя можно отметить, что поскольку значения коэффициентов вариации  $V < 30\%$ , то исследованные совокупности являются однородными, а их вариация слаба, и полученным результатам можно доверять. Величины коэффициента осцилляции  $K_r$ , отражающего относительную колеблемость крайних значений случайных величин ширины  $B_{UR}$  хода зубьев вокруг их среднего значения, находятся в диапазоне 3,22...3,89 %., что было приемлемо для достижения целей проводимых экспериментов. Значения моментного коэффициента асимметрии  $A_s$  и показателя эксцесса  $E_x$  мало отличаются от нуля, поэтому можно предположить близость данных выборок к нормальному распределению. Рассчитанные значения

доверительного интервала покрывают параметр  $\sigma$  с надёжностью  $\gamma = 0,954$ , при этом с вероятностью 0,95 можно утверждать, что среднее значение при выборке большего объёма не выйдет за пределы найденного интервала. Наблюдаемые значения статистики Пирсона для опытов №№ 2...6 не попали в критическую область ( $K_{набл} < K_{kp} = 16,91 \dots 18,32$ ), поэтому нет оснований отвергать основную гипотезу о том, что данные выборок имеют нормальное распределение. Аналогичные данные были получены и при статистическом исследовании выявленных величин ширины  $B_{UR}$  хода зубьев корчевателя, полученных как по отдельным участкам (№№1 и 2) проведения эксперимента, так и для всей выборки.

В тоже время для результатов опыта № 1 проверка гипотезы о том, что случайная величина «ширина  $B_{UR}$  хода зубьев корчевателя» распределена по нормальному закону не подтвердилась (критерий согласия Пирсона  $K_{набл} = 22,96 > K_{kp} = 18,32$ ).

Ввиду этого, и принимая во внимание полученные графические зависимости (гистограммы, полигоны эмпирических частот и вероятности для нормального распределения, рис. 3), с помощью правила 3-х сигм была проведена дополнительная проверка указанной гипотезы о том, что рассматриваемая случайная величина тем не менее распределена поциальному закону.

Если случайная величина распределена нормально, то абсолютная величина её отклонения от математического ожидания не превосходит утроенного среднеквадратического отклонения, т.е. все значения случайной величины должны попасть в интервал  $\bar{X} - 3 \cdot \sigma \dots \bar{X} + 3 \cdot \sigma$ .

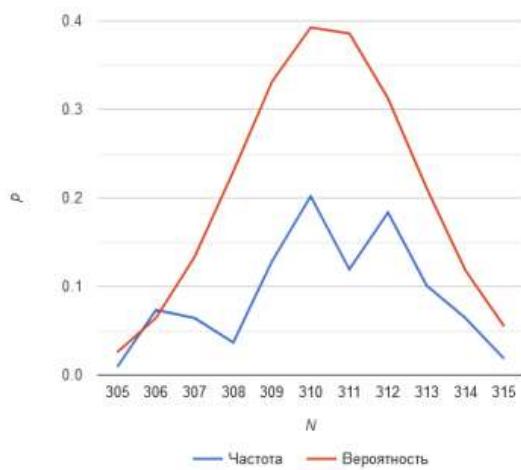
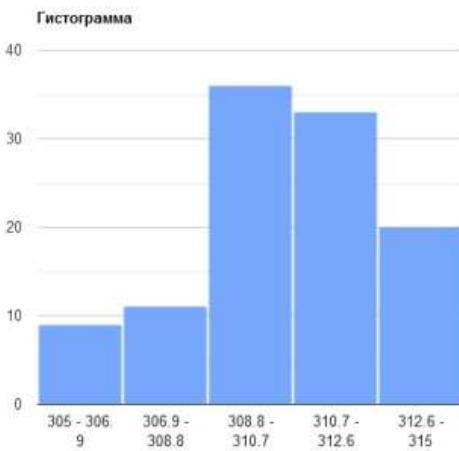
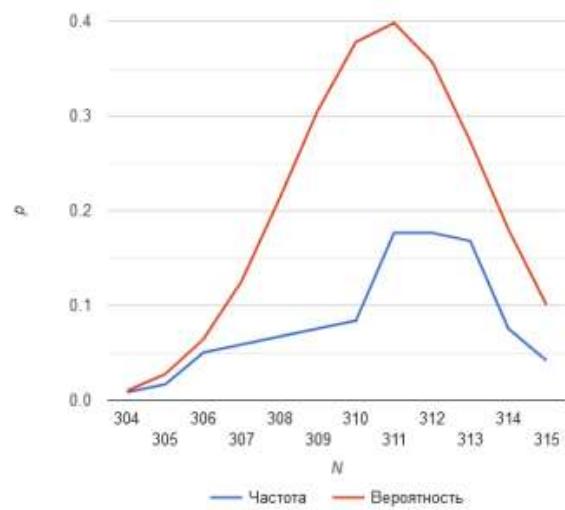
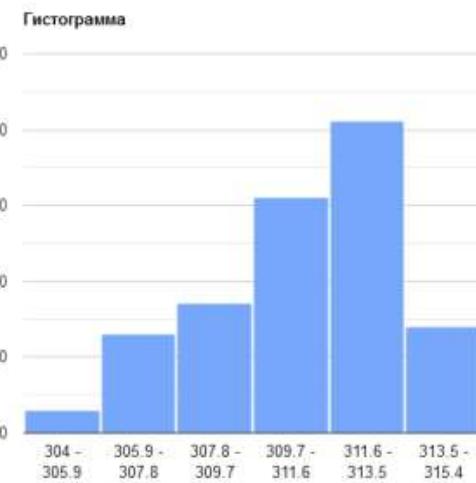
В рассматриваемом случае этот интервал составил  $310,327 - 3 \cdot 3,214 \dots 310,327 + 3 \cdot 3,214 = 300,685 \dots 319,969$  см. Все полученные экспериментальные значения попали в указанный интервал, т.к.  $X_{\min} = 304$  см,  $X_{\max} = 316$  см, а следовательно гипотеза о том, что случайная величина «ширина  $B_{UR}$  хода зубьев корчевателя» распределена по нормальному закону по правилу 3-х сигм подтвердилась.

Таблица 2 – Статистическая обработка результатов опытов по выявлению ширины  $B_{UR}$  (см) хода зубьев корчевателя

Номер опыта	$\bar{X}$	$\sigma$	$\mathcal{U}, \%$	$K_r, \%$	$A_s$	$E_x$	Доверительный интервал	$K_{набл}$
1	310,327	3,214	1,04	3,87	0,108	-0,71	309,61... 311,04	22,96
2	310,051	2,618	2,86	3,89	-0,169	-0,33	309,70... 310,39	7,02
3	310,824	2,526	1,81	3,54	-0,586	-0,87	310,29... 311,35	15,2
4	310,279	2,709	1,87	3,87	-0,163	-0,55	309,92... 310,63	10,46
5	310,405	2,311	2,74	3,22	-0,309	-0,53	309,89... 310,91	17,36
6	310,682	2,951	1,95	3,86	-0,21	-0,63	310,29... 311,06	14,17
Для участка 1								
–	310,528	2,712	1,87	3,86	-0,256	-0,45	310,23...	11,4

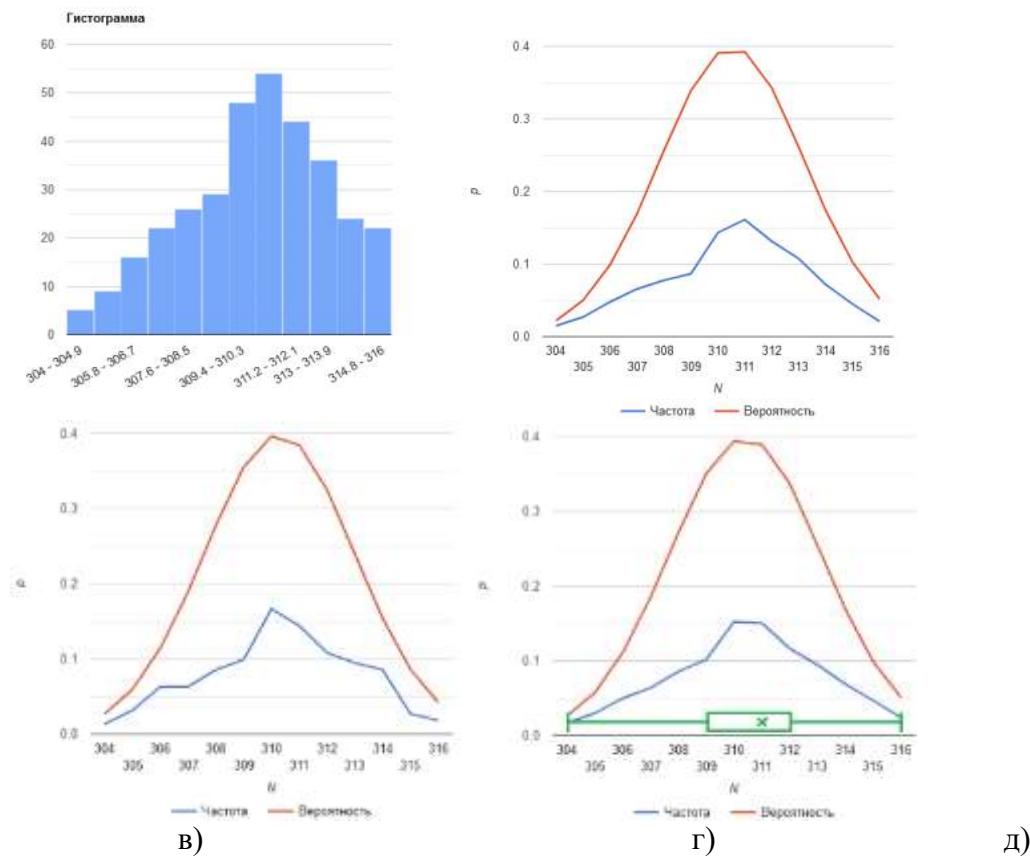
Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

								310,81	
Для участка 2									
-	310,343	2,776	1,89	3,87	-0,212	-0,69	310,13... 310,55	17,74	
Для всей выборки									
-	310,405	2,756	1,88	3,86	-0,239	-0,58	310,23... 310,57	16,24	



a)

б)



а) опыт № 3; б) опыт № 5; в) опытный участок № 1; г) опыт № 4;

д) общая совокупность данных

Рисунок 3 – Гистограммы, полигоны эмпирических частот и вероятности для нормального распределения ширины  $B_{UR}$  (см) хода зубьев корчевателя

По результатам выполнения опытов №№ 1...6 для выявленных величин длины  $A_{UR}$  (см) хода зубьев корчевателя можно отметить, что поскольку значения коэффициентов вариации  $V < 30\%$ , то исследованные совокупности являются однородными, а их вариация слаба, и полученным результатам можно доверять. Величины коэффициента осцилляции  $K_r$ , отражающего относительную колеблемость крайних значений случайных величин длины  $A_{UR}$  хода зубьев вокруг их среднего значения, находятся в диапазоне 9,95...11,98 %., что было приемлемо для достижения целей проводимых экспериментов. Значения моментного коэффициента асимметрии  $A_s$  и показателя эксцесса  $E_x$  мало отличаются от нуля, поэтому можно предположить близость данных выборок к нормальному распределению. Рассчитанные значения доверительного интервала покрывают параметр  $\sigma$  с надёжностью  $\gamma = 0,954$ , при этом с вероятностью 0,95 можно утверждать, что среднее значение при выборке большего объёма не выйдет за пределы найденного интервала. Наблюдаемые значения статистики Пирсона для опытов №№ 2...6 не попали в критическую область ( $K_{набл} < K_{кр} = 15,51...19,67$ ), поэтому нет оснований отвергать основную гипотезу о том, что данные выборок имеют нормальное распределение. Аналогичные данные были получены и при статистическом исследовании выявленных величин длины  $A_{UR}$  хода зубьев

корчевателя, полученных как по отдельным участкам (№№1 и 2) проведения эксперимента, так и для всей выборки.

Таблица 3 – Статистическая обработка результатов опытов по выявлению длины  $A_{UR}$  (см) хода зубьев корчевателя

Номер опыта	$\bar{X}$	$\sigma$	$v, \%$	$K_r, \%$	$A_s$	$E_x$	Доверительный интервал	$K_{набл}$
1	100,206	2,857	2,85	11,98	-0,316	-0,36	99,57... 100,83	19,31
2	100,623	2,836	2,82	12,92	-0,209	-0,72	100,24... 101,03	15,85
3	100,714	2,726	2,71	10,92	-0,471	-0,69	100,14... 101,28	6,67
4	100,689	2,684	2,67	11,92	-0,312	-0,46	100,33... 101,04	11,05
5	100,505	2,364	2,35	9,95	-0,372	-0,52	99,98... 101,02	7,62
6	100,662	2,751	2,73	11,92	-0,248	-0,51	100,31... 101,01	8,14
Для участка 1								
–	100,484	2,665	2,65	11,94	-0,285	-0,43	100,19... 100,76	12,6
Для участка 2								
–	100,658	2,757	2,74	12,91	-0,161	-0,57	100,44... 100,86	17,84
Для всей выборки								
–	100,603	2,728	2,71	12,92	-0,197	-0,51	100,43... 100,76	17,51

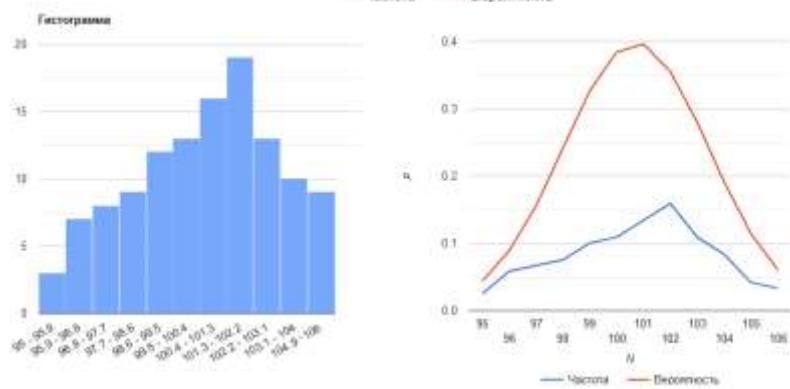
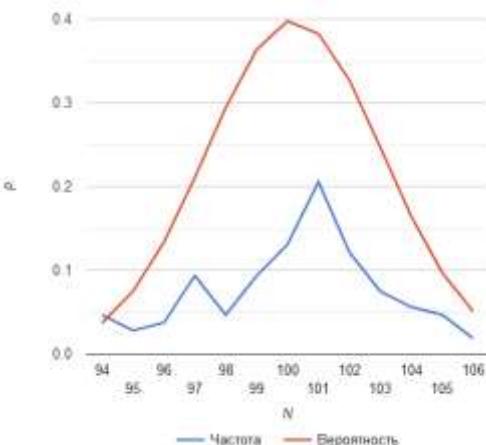
В тоже время для результатов опыта № 1 проверка гипотезы о том, что случайная величина «длина  $A_{UR}$  хода зубьев корчевателя» распределена по нормальному закону не подтвердилась (критерий согласия Пирсона  $K_{набл} = 19,31 > K_{kp} = 15,51$ ).

Ввиду этого, и принимая во внимание полученные графические зависимости (гистограммы, полигоны эмпирических частот и вероятности для нормального распределения, рис. 4), с помощью правила 3-х сигм была проведена дополнительная проверка указанной гипотезы о том, что рассматриваемая случайная величина тем не менее распределена поциальному закону.

Если случайная величина распределена нормально, то абсолютная величина её отклонения от математического ожидания не превосходит устроенного среднеквадратического отклонения, т.е. все значения случайной величины должны попасть в интервал  $\bar{X} - 3 \cdot \sigma \dots \bar{X} + 3 \cdot \sigma$ .

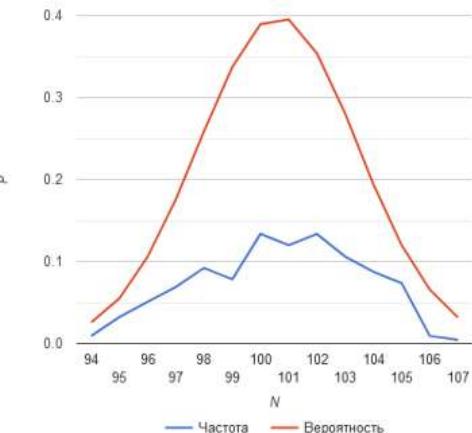
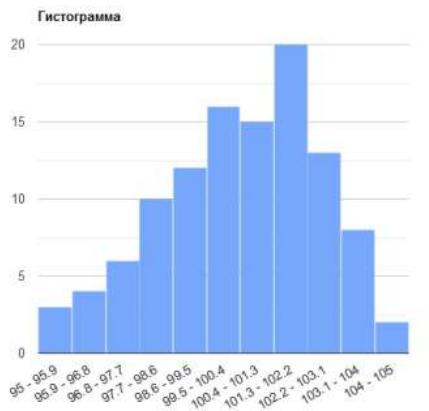
В рассматриваемом случае этот интервал составил  $100,206 - 3 \cdot 2,857 \dots 100,206 + 3 \cdot 2,857 = 91,635 \dots 108,777$  см. Все полученные экспериментальные значения попали в указанный интервал, т.к.  $X_{\min} = 94$  см,  $X_{\max} = 106$  см, а следовательно гипотеза о том, что случайная величина «длина  $A_{UR}$  хода зубьев корчевателя» распределена по нормальному закону по правилу 3-х сигм подтвердила.

Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

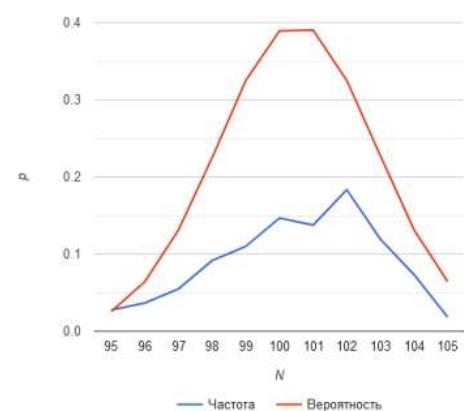


а)

б)

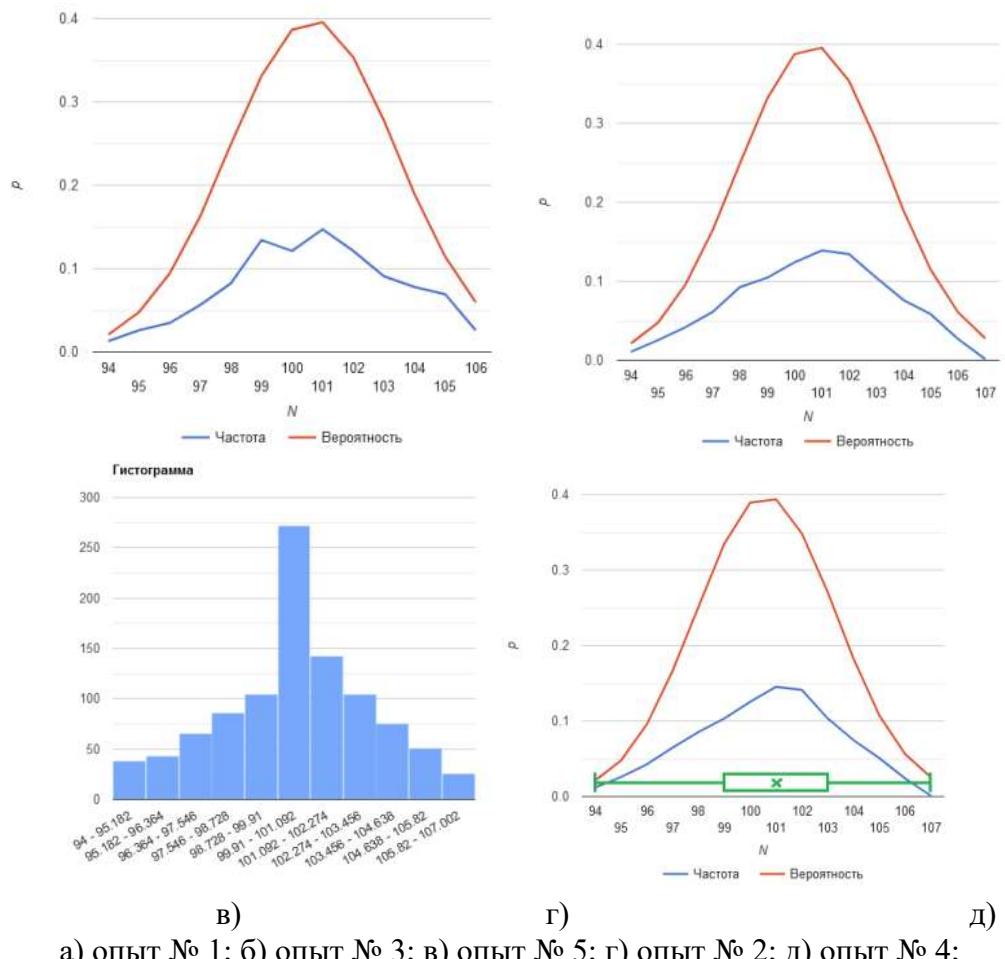


в)



г)

д)



а) опыт № 1; б) опыт № 3; в) опыт № 5; г) опыт № 2; д) опыт № 4;  
е) опыт № 6; ж) опытный участок № 2; з) общая совокупность данных  
Рисунок 4 – Гистограммы, полигоны эмпирических частот и вероятности для нормального распределения длины  $A_{UR}$  (см) хода зубьев корчевателя

Полученные результаты обработки сведений об экспериментальных величинах рабочей глубины хода зубьев экспериментального корчевателя, ширины и длины полосы, расчищаемой за один цикл выполнения корчевальной работы, позволили подтвердить их соответствие планируемым величинам.

#### Библиографический список

- Минаков Д.Е. Технологические схемы текущего содержания участков полосы отвода железных дорог / Д.Е. Минаков, А.А. Платонов, Е.Ю. Минаков // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2020. – С. 236-241.
- Михитаров А.Р. Совершенствование технологического оборудования лесохозяйственной машины с манипулятором для корчевания с применением вибрации / А.Р. Михитаров, Ю.А. Добрынин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2024. – № 247. – С. 252-263. – DOI 10.21266/2079-4304.2024.247.252-263.
- Платонов А.А. Моделирование складочного объема бурта нежелательной растительности / А.А. Платонов, В.Н. Коротких // Энергоресурсосберегающие и экологически безопасные технологии лесопромышленного комплекса - 2025: Материалы

международной научной конференции, посвященной 95-летию ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова и 80-летию Победы в Великой Отечественной войне, Воронеж, 27-28 марта 2025 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2025. – С. 374-379. – DOI 10.58168/E-SESTTI2025\_374-379.

4. Платонов А.А. Особенности экспериментальных исследований нового корчевального оборудования / А.А. Платонов // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2025»): Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23-25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 179-182.

5. Платонов А.А. Современная классификация линий трубопроводного транспорта - как объектов для формирования защитных лесонасаждений / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2025»): Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23-25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 182-186.

6. Платонов А.А. Технологические процессы удаления нежелательной растительности различными средствами механизации / А.А. Платонов // Resources and Technology. – 2017. – Т. 14, № 2. – С. 33-48. – DOI 10.15393/j2.art.2017.3761.

7. Хегай В.К. Моделирование корчевания дерева с корнями с применением вибрации / В.К. Хегай, В.Л. Савич, А.Р. Михитаров // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : Материалы XVI Международной научно-технической конференции, Вологда, 05 декабря 2018 года / Ответственный редактор С.М. Хамитова. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2019. – С. 186-188.

УДК 630\*307

**Классификационное влияние критической ширины лесных граблей**

*Платонов А.А.*

*Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова*

**Аннотация:** При исследовании технических средств удаления срезанной или вырубленной нежелательной растительности был получен ряд уравнений регрессий, описывающих взаимозависимость некоторых основных конструктивных параметров указанных средств механизации. В статье рассматриваются вопросы влияния количества зубьев лесных граблей на возможность классификационного их перехода в различные категории.

**Ключевые слова:** нежелательная растительность, удаление, механизация, лесные грабли, конструктивные параметры.

**Abstract:** In a study of technical means for removing cut or felled unwanted vegetation, a series of regression equations were obtained describing the interdependence of some of the key design parameters of these mechanization tools. This article examines the influence of the number of forest rake teeth on the classification of forest rakes into different categories.

**Keywords:** unwanted vegetation, removal, mechanization, forest rakes, design parameters.

При исследовании основных конструктивных параметров лесных граблей [1, 9], находящих применение при сборе и сгребании порубочных остатков [8] на территориях различных инфраструктурных объектов [2-4, 7], нами был выявлен ряд зональных

зависимостей ширины захвата  $B_R$  рассматриваемых средств механизации от ширины зубьев  $B_Z$  (рис. 1):

$$\begin{cases} B_R^{(I)} = -1,222 \cdot B_Z^2 + 149,357 \cdot B_Z - 1142,364 \\ B_R^{(II)} = -0,1802 \cdot B_Z^2 + 43,665 \cdot B_Z - 95,668 \\ B_R^{(III)} = -0,0112 \cdot B_Z^2 + 6,324 \cdot B_Z + 512,287 \end{cases} \quad (1)$$

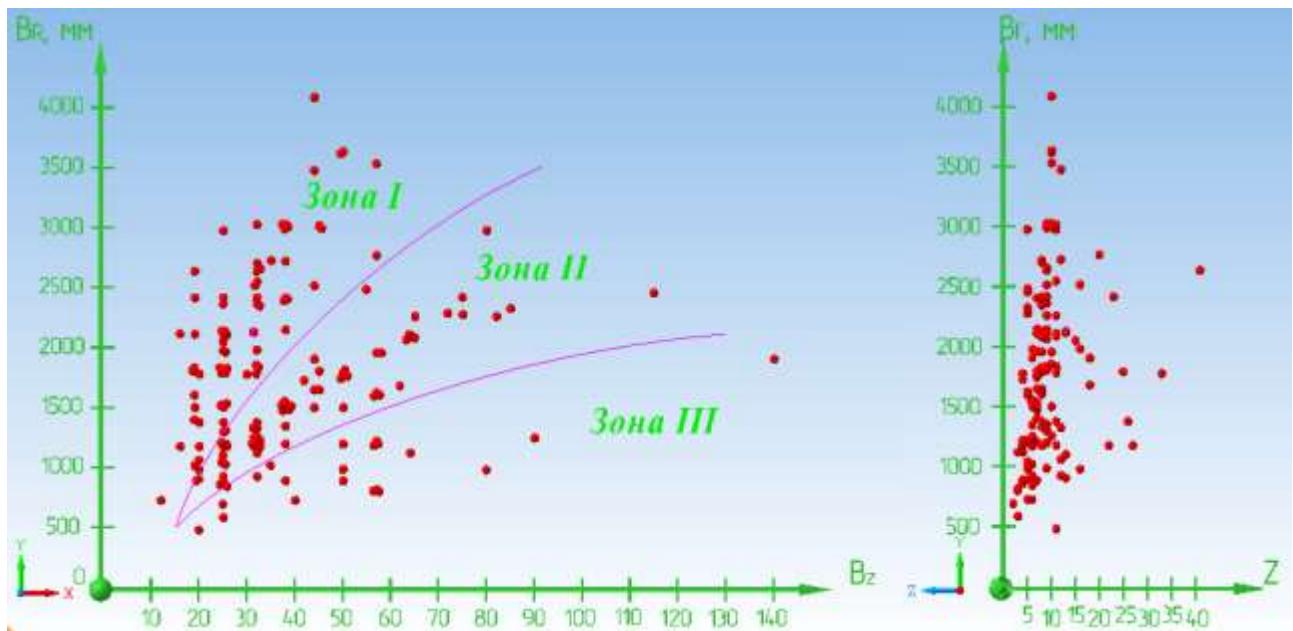


Рисунок 1 – Визуализированные элементы выборки основных конструктивных параметров лесных граблей

Однако при этом в части рассмотрения зависимости ширины захвата лесных граблей от количества их зубьев  $B_R = f(Z)$  нами не было выявлено адекватных уравнений регрессий для полученной выборки, с достаточной степенью точности описывающих данную зависимость [5]. Тем не менее, с учётом очевидного факта того, что с увеличением количества зубьев  $Z$  ширина лесных граблей  $B_R$  также возрастает, целью настоящего исследования являлось установление взаимосвязи между основными конструктивными параметрами лесных граблей в части преимущественного влияния количества их зубьев.

Для реализации цели исследования нами был проанализирован такой косвенный конструктивный параметр лесных граблей, как «Интервал (расстояние) между двумя соседними зубьями», обозначенный нами  $B_{pr}$  (мм). Указанный параметр, изредка (как выявили наши исследования) отмечаемый в сопроводительной документации на лесные грабли (рис. 2), оказывает на наш взгляд достаточно сильное влияние на производительность и качество уборки порубочных остатков ввиду того, что во многом именно от этого параметра зависит величина остающихся (после прохождения лесных граблей) на поверхности очищаемой территории мелких остатков растительности.

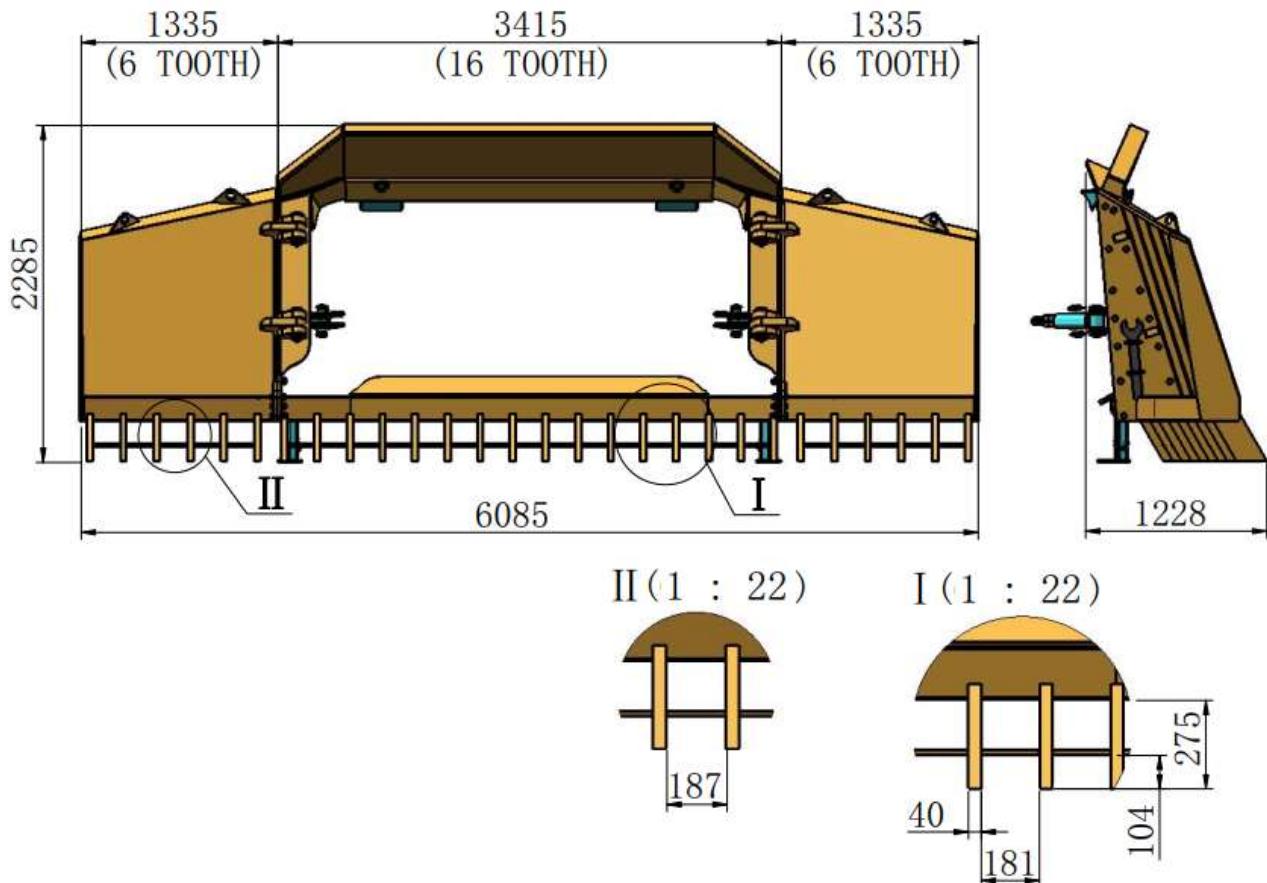


Рисунок 2 – Пример обозначения расстояния между двумя соседними зубьями (грабли Bedrock BDR04 Stickrake, США)

Однако, при стабильно неизменной величине  $B_R$  увеличение  $Z$  (при  $B_Z = const$ ) неизбежно ведёт к уменьшению интервала (расстояния) между двумя соседними зубьями  $B_{pr}$ , определяемого по зависимости:

$$B_{pr} = \frac{B_R - Z \cdot B_Z}{Z - 1} \quad (2)$$

Такое уменьшение расстояния приводит в свою очередь к постепенному переходу лесных граблей или в категорию лесных щёток (для которых характерно расположение зубьев в несколько рядов с частичным или полным перекрытием указанного расстояния  $B_{pr}$  и оправдано при необходимости создания оборудования для более тщательной очистки территории от порубочных остатков небольшого размера; рис. 3), или в категорию отвалов и ковшей (работа которых сопряжена с неизбежным захватом вместе с порубочными остатками верхнего слоя почвы, что отрицательным образом отражается на ряде экологических показателей очищаемой территории).



Рисунок 3 – Лесные грабли Clearing Rake Woodcracker G с лесной щёткой

С учётом вышеизложенного, установим граничные критерии  $I_{Rz\ min}$  и  $I_{Rz\ max}$  соотношения ширины зубьев  $B_Z$  лесных граблей и интервала между двумя соседними зубьями  $B_{pr}$ :

$$\begin{cases} \text{при } B_Z \rightarrow 0 : I_{Rz\ min} = \lim \frac{B_Z}{B_{pr}} \rightarrow 0 \\ \text{при } B_Z \rightarrow B_{pr} : I_{Rz\ max} = \lim \frac{B_Z}{B_{pr}} \rightarrow 1 \end{cases} \quad (3)$$

где достижение граничного критерия ширины зубьев лесных граблей  $I_{Rz\ min} = 0$  соответствует переходу лесных грабель в категорию «отвалы, ковши», а  $I_{Rz\ max} = 1$  – в категорию лесных щёток.

Приняв предельное значение отношения  $B_Z / B_{pr} = 1$  с учётом вышеприведённой зависимости (2)  $B_{pr} = f(B_R, Z)$  после некоторых преобразований получим критическую ширину  $B_{Rc}$  (мм) лесных граблей при предельном соотношении ширины зубьев и интервала между двумя соседними зубьями:

$$B_{Rc} = B_Z \cdot (2 \cdot Z - 1) \quad (4)$$

Результаты математического моделирования критической ширины  $B_{Rc}$  лесных граблей представлены в табл. 1 и на рис. 4:

Таблица 1  
Зависимость критической ширины  $B_{Rc}$  лесных граблей от количества и ширины их зубьев

Количество зубьев $Z$	Ширина зубьев $B_Z$ , мм									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	90	180	270	360	450	540	630	720	810	900
10	190	380	570	760	950	1140	1330	1520	1710	1900
15	290	580	870	1160	1450	1740	2030	2320	2610	2900
20	390	780	1170	1560	1950	2340	2730	3120	3510	3900
25	490	980	1470	1960	2450	2940	3430	3920	4410	4900
30	590	1180	1770	2360	2950	3540	4130	4720	5310	5900
35	690	1380	2070	2760	3450	4140	4830	5520	6210	6900
40	790	1580	2370	3160	3950	4740	5530	6320	7110	7900

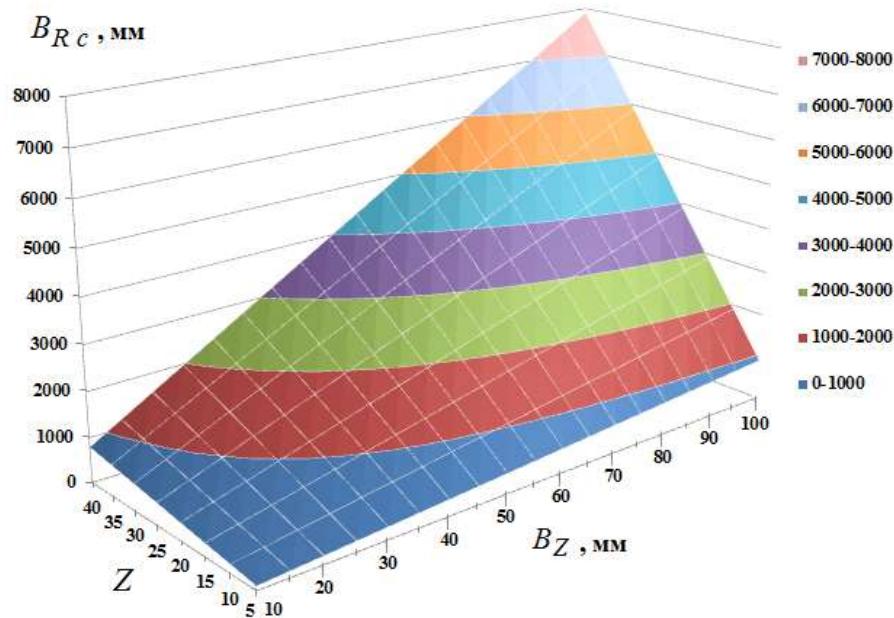


Рисунок 4 – Зависимость критической ширины  $B_{Rc}$  лесных граблей от количества  $Z$  и ширины  $B_Z$  зубьев

Анализ зависимости (4) и визуализированной (рис. 4) зависимости  $B_{Rc} = f(B_Z, Z)$  показывает, что для выявленных нами в [6] среднего значения ширины зубьев лесных граблей  $B_{Zcp} = 41,76$  мм (при доверительном интервале для генерального среднего 34,515 ... 49,405 мм) и среднего количества зубьев  $Z_{cp} = 11...12$  (при доверительном интервале для генерального среднего 9,27 ... 13,49) величина критической ширины  $B_{Rc}$  лесных граблей, при которой ширина одного зуба  $B_Z$  равна интервалу  $B_{pr}$  между двумя соседними зубьями ( $B_Z = B_{pr}$ ), находится в диапазоне 877...960 мм. Во всём диапазоне изменения параметров  $Z$  и  $B_Z$  наблюдается возрастание критической ширины  $B_{Rc}$ , при этом темпы такого возрастания увеличиваются по мере приближения значений количества  $Z$  и ширины  $B_Z$  зубьев к их максимальным значениям. В целом же выявленная нами зависимость позволит как на стадии проектирования, так и при анализе существующих технических средств для очистки территорий от порубочных остатков более обоснованно выполнять их классификацию, разделяя на лесные грабли и лесные щётки.

Количество зубьев  $Z$  лесных граблей неоспоримо влияет также на такую характеристику рассматриваемых технических средств, как «густота» или «плотность» распределения их рабочих элементов (зубьев) по длине опорной поверхности. При этом классифицировать лесные грабли по густоте исключительно по параметру  $Z$  нам представляется нецелесообразным. В частности, при одинаковом количестве зубьев  $Z = 5$  для лесных граблей СВЛ-2,1 (ПООО «Техмаш», г. Лида, Беларусь; рис. 5, а) и GE Custom Thumb Rake Combination (Gardner Engineering, Австралия; рис. 5, б) ширина граблей составляет соответственно 2350 и 1041 мм, при этом ширина зубьев (измеряемая по наибольшему размеру профиля рабочей поверхности) равна 85 и 35 мм.

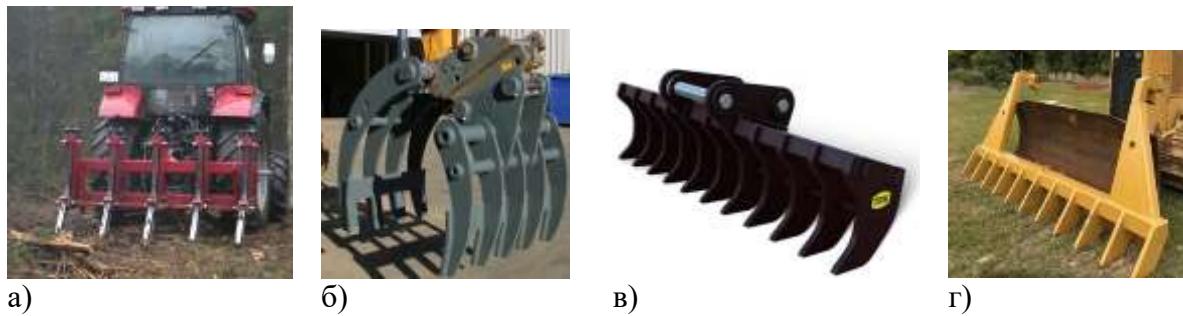


Рисунок 5 – Примеры лесных граблей с попарно одинаковым количеством зубьев

Аналогично, при одинаковом количестве зубьев  $Z = 11$  для лесных граблей Low Profile Rake (TRK Attachments, Канада; рис. 5, в) и BDR 14 Rake (Bedrock Machinery, США; рис. 5, г) ширина граблей составляет соответственно 1524 и 3100 мм при ширине зубьев 57 и 40 мм. Данные примеры свидетельствуют о том, что при оценке густоты распределения зубьев лесных граблей по длине их опорной поверхности непосредственное сравнение отдельных параметров рассматриваемых технических средств между собой невозможно и необходимо выработать соответствующий комплексный критерий указанной оценки. Такой критерий был нами разработан, однако детальное его описание не входит в цели и задачи данной статьи.

С учётом вышеизложенного сделаем следующий вывод. Один из основных конструктивных параметров лесных граблей (количество их зубьев) в немалой степени оказывает влияние на величину критической (минимальной) ширины захвата, определение которой позволяет более обоснованно выполнять классификацию рассматриваемых средств механизации, разделяя их на лесные грабли и лесные щётки. Классифицировать лесные грабли по густоте исключительно по количеству их зубьев нам представляется нецелесообразным.

#### Библиографический список

1. Оборудование уборочное лесохозяйственное [Электронный ресурс] // МТЗ-ХОЛДИНГ [сайт] [2021]. – URL: <http://www.belarus-tractor.com/catalog/forest-machines/the-oulu-24/> (Дата обращения: 7.02.2021)
2. Платонов А.А. Автомобильные дороги: классификация, формирование зоны защитных лесонасаждений / А.А. Платонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024): Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 176-181.
3. Платонов А.А. Железнодорожные линии: классификация, специализация, функции / А. А. Платонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк-2023») : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 121-127.
4. Платонов А.А. Классификация линейных инфраструктурных объектов: линии электропередачи / А.А. Платонов // Актуальные проблемы современного транспорта. – 2023. – № 1(11). – С. 14-22.
5. Платонов А.А. Регрессионные уравнения распределения выборочных данных параметров оборудования для очистки линейных инфраструктур / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Современные проблемы в науке и технике. Теория и практика: материалы международной открытой конференции, Воронеж, 21-23 декабря 2020 года / Отв.

редактор В.В. Зенина. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – С. 261-268. – DOI 10.34220/MPST2022\_261-268.

6. Платонов А.А. Результаты статистической обработки данных параметров оборудования для очистки линейных инфраструктур / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Современные проблемы математики в прикладных науках: материалы Всероссийской открытой конференции, Воронеж, 15 марта 2022 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – С. 58-65. – DOI 10.58168/MPMAS2022\_58-65.

7. Платонов А.А. Современная классификация линий трубопроводного транспорта - как объектов для формирования защитных лесонасаждений / А.А. Платонов, М. А. Платонова // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2025»): Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23-25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 182-186.

8. Шегельман И.Р. Техническое оснащение современных лесозаготовок / И.Р. Шегельман, В.И. Скрыпник, О.Н. Галактионов. – СПб: ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. – 344 с.

9. Alfaia De Rechega [Электронный ресурс] // Fravizel Engineering [сайт] [2021]. – URL: <https://www.fravizel.com/pt/produtos/funcao/Limpeza-de-terrás/alfaia-de-rechega-131> (Дата обращения: 7.02.2021)

УДК 621,3

## Линейный инфраструктурный объект: определение, классификация

Платонов А.А.

Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова

**Аннотация.** Конкретное содержание того, что называется «инфраструктурой», продолжает оставаться дискуссионным вопросом, размытость данного понятия объясняется спорностью вопроса о том, что именно следует включать в круг объектов инфраструктуры, а также каковы её функции. В работе рассматриваются линейные объекты инфраструктуры, предложено определение линейного инфраструктурного объекта, выполнена классификация таких объектов.

**Ключевые слова:** транспортная инфраструктура, определение, линейный объект, характеристики.

**Abstract.** The precise definition of «infrastructure» remains a contentious issue, with the vagueness of the concept stemming from the contentious nature of what constitutes infrastructure and its functions. This paper examines linear infrastructure objects, proposes a definition of a linear infrastructure object, and classifies such objects.

**Keywords:** transport infrastructure, definition, linear object, characteristics.

Транспорт продолжает оставаться одним из основных элементов производственной инфраструктуры регионов Российской Федерации и решающим фактором территориальной организации экономики, при этом развитие и размещение транспорта зачастую обусловлены размещением промышленных предприятий и социальных объектов. С точки зрения региональной экономики одним из основных условий достижения максимального эффекта в развитии региона является пропорциональное развитие производственной сферы и транспортной инфраструктуры, при этом необходимым условием второго уровня является соответствие возможностей

инфраструктуры текущим и перспективным потребностям соответствующей территории.

В целом, возникновение в литературе термина «инфраструктура», относится к экономической отрасли к периоду 40-х гг. XX в. и связано с именами таких ученых как Х. Зингер, употребивший термин *«overheadcapital»* – «инфраструктура», и П. Розенштейн-Родан [10], который ввёл понятие «инфраструктура», происходящее от двух латинских терминов *«infra»* («ниже», «под») и *«structura»* («строение», «расположение»), для обозначения «комплекса общих условий, обеспечивающих благоприятное развитие бизнеса в основных отраслях экономики и удовлетворяющих потребности населения». В дальнейшем термин «инфраструктура» стал применяться для обозначения отраслевых объектов, обслуживающих промышленность, а также сельское и лесное хозяйство.

Вместе с тем конкретное содержание того, что называется «инфраструктурой» до сих пор продолжает оставаться дискуссионным вопросом, при этом размытость данного понятия объясняется в частности спорностью вопроса о том, что именно следует включать в круг объектов инфраструктуры, а также каковы её функции. Однако отметим, что к настоящему времени накоплен определённый терминологический опыт в части определения инфраструктуры [1, 7, 9], при этом наиболее распространёнными являются два методологических подхода к определению сущности и содержанию понятия об инфраструктуре, а именно: отраслевой и функциональный. В частности согласно [2] инфраструктура – это комплекс отраслей хозяйства, обслуживающих производство и обеспечивающих условия жизнедеятельности общества. При этом отдельного внимания заслуживает разновидность группировки понятий по производственной реализации функций, где в определениях (на вышеуказанном примере железнодорожной и автомобильной инфраструктур) демонстрируется широчайшее наполнение соответствующих понятий конкретизированными для данных инфраструктур объектами.

Согласно [8] объект – это элемент, который может быть охарактеризован посредством измерения его атрибутов. Выполненным исследованиями было установлено, что характеристики, свойственные линейным (в том числе – инфраструктурным) объектам [3-6] в настоящее время законодательно не определены, однако в сложившейся исполнительной и правоприменительной практике, а также в научной среде формировался подход, в соответствии с которым к основным признакам линейных инфраструктурных объектов можно причислить следующие:

- длина объекта намного превышает его ширину;
- протяжённость в пространстве (расположение на нескольких участках поверхности, в том числе в разных районах, областях, краях, республиках);
- объект является капитальным сооружением;
- объекту свойственна полная или частичная неразрывная связь с поверхностью;
- производственное, транспортное или иное единое назначение.

Главной отличительной чертой линейных объектов инфраструктуры несомненно следует признать их масштабность (протяжённость). При этом указанная протяжённость, как правило, складывается из отдельных участков ЛИО между его узловыми элементами, к которым (в зависимости от вида объекта) относятся развязки дорог, населённые пункты, врезки в трубопроводы, объекты собственной инженерной инфраструктуры и т.д.). Линейный объект может иметь в своём составе и нелинейные сооружения собственной инженерной инфраструктуры, к которым относятся, например, отдельные здания по обеспечению безопасности движения и доступа на автомобильные и железные дороги, опоры линий электропередачи, перекачивающие станции трубопроводного транспорта и т.д.

Исходя из характеристик и особенностей линейных объектов предлагается следующее определение линейного инфраструктурного объекта – это комплекс капитальных инженерных сооружений, обслуживающий производство, обеспечивающий условия жизнедеятельности общества и характеризуемый полной или частичной неразрывной связью с поверхностью, а также протяжённостью в пространстве, при этом длина объекта намного превышает его ширину.

На основе проведенного анализа разработана общая классификация (рис. 1) линейных объектов инфраструктуры, на территориях которых в рамках нормативно-технического их содержания должны выполняться работы по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности:



Рисунок 1 – Классификация линейных инфраструктурных объектов

По виду разрешённого использования все линейные инфраструктурные объекты подразделяются на объекты общего пользования (автомобильные дороги – 91.5%, железнодорожные линии – 71%) и необщего пользования (линии электропередачи, трубопроводные линии, а также иные ЛИО). При этом следует отметить, что хотя железнодорожные линии общего пользования предназначены для нужд широкого круга физических и юридических лиц, однако пользование соответствующей инфраструктурой предоставляется им за определённую плату. В тоже время подавляющее большинство автомобильных дорог общего пользования являются таковыми по факту. Доступ и пользование инфраструктурой иных ЛИО, обслуживающих производство и обеспечивающих условия жизнедеятельности общества, фактически ограничен.

По связи с поверхностью ЛИО подразделяются на объекты с полной связью с поверхностью (автомобильные дороги, железнодорожные линии, мелиоративные и судоходные каналы, взлётно-посадочные полосы аэродромов и т.д.) и частичной (установленные на опорах линии электропередачи и связи, трубопроводные линии и т.д.).

По способу прокладки все линейные объекты инфраструктуры разделяются на наземные (железнодорожные линии, автомобильные дороги, линии государственной границы), надземные (установленные на опорах линии связи, ЛЭП, нефтепроводы, нефтепродуктопроводы, теплопроводы и т.д.), подземные (кабельные линии электропередачи и связи, газопроводы и т. д.), в том числе расположенные в различных

сооружениях (коллекторах, тоннелях, грунтовых траншеях: кабельные линии связи, теплопроводы, водопроводы и т.д.).

По ширине полосы отвода (охранной зоны) ЛИО подразделяются на объекты с шириной  $\leq 25$  м (линии электропередачи, железнодорожные линии, теплопроводы, кабельные линии связи, мелиоративные и судоходные каналы),  $>25 \dots \leq 50$  м (автомобильные дороги, линии электропередачи, железнодорожные линии, мелиоративные и судоходные каналы),  $>50 \dots \leq 75$  м (автомобильные дороги, линии электропередачи, железнодорожные линии, газопроводы, нефте- и нефтепродуктопроводы),  $>75 \dots \leq 100$  м (автомобильные дороги, линии электропередачи, газопроводы, нефте- и нефтепродуктопроводы),  $> 100$  м (автомобильные дороги, линии электропередачи).

Разработанная классификация линейных инфраструктурных объектов позволяет систематизировать особенности и требования к содержанию охранных зон и полос отвода указанных объектов, проходящих через лесные массивы и вдоль защитных лесонасаждений с учётом требований к охранным зонам (полосам отвода) ЛИО, установленных федеральными законами, постановлениями Правительства РФ и нормативными актами соответствующих министерств и ведомств для непрерывного поддержания линейных инфраструктурных объектов в нормативно-техническом состоянии и создания условий их безопасной эксплуатации.

#### Библиографический список

1. Галабурда В.Г. Управление транспортной системой / В.Г. Галабурда, Ю.И. Соколов, Н.В. Королькова. – М: УМЦ ЖДТ, 2016.. – 344 с.
2. Ефремова Т.Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный. – М: Русский язык, 2000. – 244 с.
3. Платонов А.А. Автомобильные дороги: классификация, формирование зоны защитных лесонасаждений / А.А. Платонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024): Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 176-181.
4. Платонов А.А. Железнодорожные линии: классификация, специализация, функции / А. А. Платонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк-2023») : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 121-127.
5. Платонов А.А. Классификация линейных инфраструктурных объектов: линии электропередачи / А.А. Платонов // Актуальные проблемы современного транспорта. – 2023. – № 1(11). – С. 14-22.
6. Платонов А.А. Современная классификация линий трубопроводного транспорта - как объектов для формирования защитных лесонасаждений / А.А. Платонов, М. А. Платонова // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2025»): Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23-25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 182-186.
7. Руднева Л.Н. Методическое обеспечение оценки эффективности развития автотранспортной инфраструктуры региона: монография / Л.Н. Руднева, О.В. Руденок, А.М. Кудрявцев. – Тюмень: Изд-во ТИУ, 2016. – 116 с.
8. Техника. Энциклопедия / под ред. Г.И. Белов, А.П. Горкин. – М: Росмен-Пресс, 2006. – 488 с.

9. Транспортная инфраструктура / И.О. Загорский, П.П. Володькин, А.С. Рыжова. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – 228 с.
10. Rosenstein-Rodan P. Notes on the Theory of the «Big Push» / P. Rosenstein-Rodan // Economic Development for Latin America. International Economic Association Series. – London: Palgrave Macmillan, 1961. – pp. 57-81.

УДК 629.7.083

**Анализ способов повышения эффективности охлаждения воздуха  
кондиционерами**

Попов А.Н., Кузьмин Д.И., Борисов С.А.

*ВУНЦ ВВС ВВА*

*Аннотация.* В статье проведен анализ способов повышения эффективности охлаждения воздуха кондиционерами методом использования регенеративного теплообменника, который способствует организации циркуляции масла в системе холодильной машины. Применение регенеративного теплообменника позволяет достичь большего холодильного коэффициента и следовательно, холодопроизводительности, без дополнительных затрат мощности, уменьшить возможность влажного хода компрессора и улучшить работу терморегулирующего вентиля.

*Ключевые слова:* парокомпрессионная холодильная машина, *i-p* диаграмма, холодопроизводительность, термодинамические свойства, регенеративный цикл.

Согласно законам термодинамики охлаждение тела до температуры ниже температуры окружающей среды и передача тепла от более нагреветого тела к менее нагретому возможно только с совершением внешней работы, то есть с привнесением энергии в холодильный цикл. Парокомпрессионная холодильная машина и выполняет эту работу. Она состоит из испарителя компрессора, конденсатора, дросселирующего элемента. В испарителе хладон кипит за счет дросселирования и поддержания компрессором низкого давления, температура кипения обычно на 15 °C ниже температуры охлаждаемой среды. Через поверхность испарителя воздух отдает свое тепло хладону, который при этом превращается в пар. Таким образом, в испарителе происходит охлаждение воздуха за счет теплообмена.

Наиболее перспективной для улучшения составляющей аэродромного кондиционера является его система охлаждения [1].

Рассмотрим сначала парокомпрессионный холодильный цикл с регенерацией теплоты. На современных парокомпрессионных холодильных установках в целях повышения их эффективности для получения холода с более низкой температурой, используются схемы, содержащие дополнительные теплообменники, которые позволяют достичь частичной регенерации теплоты. Охладить рабочее вещество перед дроссельным вентилем, чтобы сократить необратимые потери, можно холодным паром, идущим из испарителя. Принципиальная схема такой машины и ее действительный цикл на диаграмме *i-p* показаны на рисунках 1; 2. В этой машине пар рабочего вещества в состоянии 7 направляется в регенеративный теплообменник, где охлаждает жидкое рабочее вещество, которое идет из конденсатора. В результате теплообмена пар нагревается - процесс 7-8, а жидкость охлаждается - процесс 4-5, вследствие этого повышается удельная массовая холодопроизводительность аэродромного кондиционера. Однако при этом увеличивается и работа, затраченная в компрессоре, так как повышение температуры всасывания влечет за собой увеличение работы. Поэтому эффективность этого цикла, зависит от термодинамических свойств рабочих веществ. Рабочее вещество

в точке 7 - это сухой насыщенный пар или влажный пар при  $x = 0,95 \div 0,98$ . Перепады давлений (в нагнетательном трубопроводе  $p_n - p_k$ , во всасывающем трубопроводе  $p'_{bc} - p_{bc}$ , в регенеративном теплообменнике  $p_0 - p'_{bc}$ ) рассчитывают или принимают в зависимости от конкретных условий. При движении жидкости в регенеративном теплообменнике в процессе 4-5 также происходит падение давления, однако это падение давления невелико и не оказывает влияния на расчет цикла, поэтому его можно не учитывать [2].

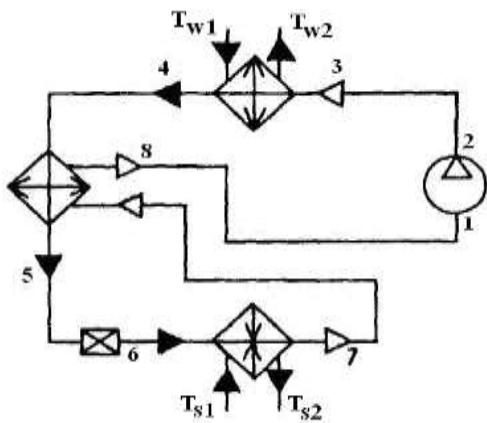


Рис. 1 – Действительный цикл одноступенчатой холодильной машины с регенеративным теплообменником

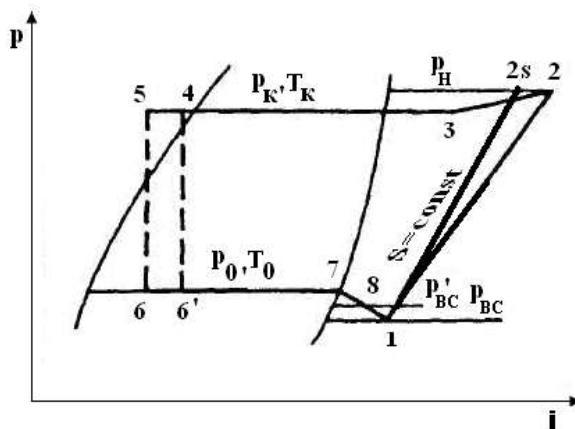


Рис. 2 – Схема одноступенчатой холодильной машины с регенеративным теплообменником

Нагрев рабочего вещества в процессе 7-8 принимают около 20 °C. Эта величина может изменяться в зависимости от условий работы машины. Температуру рабочего вещества в точке 5 определяют из теплового баланса регенеративного теплообменника  $i_5 = i_4 - (i_8 - i_7)$ .

Регенеративный цикл применяют для высокомолекулярных рабочих веществ, к которым относятся хладоны, так как эти вещества имеют относительно небольшие необратимые потери, связанные с дросселированием. Для хладоновых холодильных машин наличие регенеративного теплообменника имеет ряд положительных факторов.

Прежде всего, регенеративный теплообменник способствует организации циркуляции масла в системе холодильной машины. Из испарителя рабочее вещество отбирается в состоянии сухого насыщенного пара (или влажного пара со степенью сухости 0,95-0,98), поэтому вместе с паром из испарителя выходят капельки жидкого рабочего вещества, в котором растворено масло. В теплообменнике жидкое рабочее вещество испаряется, а масло возвращается в компрессор. Если удаления масла из испарителя не организовать, то его концентрация в испарителе будет постоянно расти, что отрицательно сказывается на эффективности машины. Кроме того, регенеративный теплообменник защищает поршневой компрессор от гидравлического удара. Перегрев рабочего вещества на всасывании ведет также к повышению объемных и энергетических коэффициентов компрессоров объемного принципа действия

Применение регенеративного теплообменника позволяет достичь большего холодильного коэффициента и следовательно, холодопроизводительности, без дополнительных затрат мощности, уменьшить возможность влажного хода компрессора и улучшить работу терморегулирующего вентиля [3].

Следующий способ улучшить систему охлаждения кондиционера - это выбор эффективного холодильного агента. Холодильный агент (хладагент) - это рабочее вещество, с помощью которого в холодильной машине совершается обратный круговой

процесс или цикл. В качестве хладагентов используют вещества, обладающие особыми термодинамическими, физико-химическими и физиологическими свойствами, которые должны обеспечивать безопасную и экономичную (с малыми энергозатратами) эксплуатацию холодильной машины. К хладагентам предъявляются термодинамические, физико-химические, физиологические и экономические требования. Термодинамические свойства характеризуют хладагент с точки зрения энергетической эффективности его использования, то есть обеспечения минимального расхода энергии на единицу холодопроизводительности. Наиболее важными свойствами хладагента, влияющим на холодопроизводительность и холодильный коэффициент, является скрытая теплота парообразования  $g$ , кДж/кг, давление и температура кипения  $P_0$  и  $t_0$ , давление и температура конденсации,  $P_k$  и  $t_k$ , низкая (адиабатная) температура конца сжатия пара в компрессоре. Температура замерзания хладагента  $t_3$ . Теплофизические свойства хладагентов также очень важны для конструирования и правильной эксплуатации холодильных машин.

Кроме однородных «чистых» хладагентов, для повышения их эффективности, используются также и их смеси. При этом выделяют азеотропные смеси, которые в процессах кипения и конденсации ведут себя как «чистые» однокомпонентные вещества. Эти смеси обозначают трехзначными цифрами после буквы R.

Применение смеси позволяет обеспечить работу машины при более благоприятном режиме. Так, использование азеотропной смеси R502 вместо однородного хладагента R22 позволяет без вакуума понижать температуру кипения до  $-45,6^{\circ}\text{C}$ , в то время как при работе на R22 вакуум наступал уже при температуре кипения  $-40,8^{\circ}\text{C}$ . Использование R502 позволяет также значительно снизить температуру конца адиабатного сжатия в компрессоре по сравнению с R22 и избежать необходимости применения специального охлаждения компрессора. Также в современных кондиционерах, таких как АК-1,0-30-1-1У применяют новый хладагент – это фреон R-134a, не содержащий хлора. Его молекула состоит только из фтора и водорода и не разрушает озон. Однако его тепловые характеристики ниже, чем у традиционных фреонов таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика хладагентов

Характеристика хладагента	R-22	R-134a	R-407C
Молекулярная масса, г/моль	86.47	102	86.2
Температура кипения при 1 атм, $^{\circ}\text{C}$	-40.7	-26.1	-43.6
Температура замерзания, $^{\circ}\text{C}$	-160	-101	-
Критическая температура, $^{\circ}\text{C}$	96	101.1	86.7
Критическое давление, бар	49.77	40.6	46
Критическая плотность, кг/куб.м	525	515.3	506.8
Плотность жидкости при $25^{\circ}\text{C}$ , кг/куб.м	1194	1206	1136
Теплота испарения при температуре кипения, кДж/кг	233.5	217.1	246.1

Хотя R134a не разрушает озоновый слой, но его термодинамические свойства, приведенные в таблице 1, далеки от совершенства. Для применения в кондиционерах хладагент R134a недостаточно подходит по своим термодинамическим характеристикам. Для модификации его свойств, к хладагенту R134a добавляют хладагенты R32 и R125. Присутствие в смеси каждого хладагента обеспечивает приздание необходимых свойств смеси и выполняет определенную функцию. R32 (23 %) способствует увеличению производительности. R125 (25 %) исключает горючесть

смеси. R134a (52 %) определяет рабочее давление в контуре хладагента. Смесь хладагентов такого состава получила марку R407C. Основная разница в характеристиках прежнего хладагента и нового R407C заключается в удельной расчетной холодопроизводительности, которая составляет для R134a -2429 кДж/м<sup>3</sup>, а для R407C – 3629 кДж/м<sup>3</sup>.

Традиционно используемое с этими хладагентами минеральное масло не пригодно в сочетании с R407C. Новый хладагент плохо смешивается с минеральным маслом, в особенности при низких температурах. Это приводит к неудовлетворительной смазке компрессора из-за периодического попадания в зону смазки жидкого хладагента вместо масла, что приводит к быстрому износу трущихся частей компрессора. Кроме того, плохо растворимое в хладагенте масло нарушает нормальную циркуляцию хладагента. Чтобы обойти эти трудности, хладагент R407C применяется в сочетании с эфирным маслом, растворимым в данном хладагенте.

Преимущества использования в системе кондиционирования воздуха хладагента R407C очевидна. У него почти отсутствует температурное скольжение, высокий показатель удельной холодопроизводительности.

Несмотря на повышенное давление в системе охлаждения, его применение в системах кондиционирования заметно повышает эффективность аэродромных кондиционеров.

#### Библиографический список

1. Бараненко А. В. Холодильные машины. Учебник для вузов. - СПб.: Политехника, 1997. - 992 с.
2. Мищенко М.В., Маслов В.А. Теоретические основы холодильной техники. Учебное пособие. - Воронеж, ВАИУ, 2011.
3. Антонова Н.В., Дубровин Л.Д., Егоров Е.Е. и др. Проектирование авиационных систем кондиционирования воздуха. -М.: Машиностроение, 2006, 384 с.

УДК 656.223

#### Варианты решения дефицита подвижного состава для перевозки цемента

Попова Е.А<sup>1</sup>., Мадяр О.Н.<sup>2</sup>

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Российский университет транспорта

**Аннотация:** В статье рассмотрены варианты транспортировки цемента в сыпучем виде в условиях дефицита специального подвижного состава. Вариантами выхода из сложившейся ситуации может стать использование крупнотоннажных контейнеров, универсальных хопперов, таких как зерновозы и минераловозы и конечно полувагоны. Развитие логистики цемента направлено на повышение качества обслуживания клиентов, создание эффективных распределительных сетей и поиск оптимальных вариантов быстрой и доступной доставки.

**Ключевые слова:** сыпучие грузы (цемент), вагоны, транспортировка, логистика, контейнерные перевозки, вагон-хоппер, подвижной состав.

После принятия новых регионов в состав Российской Федерации значительно вырос спрос на поставку большого количества строительных материалов на данные территории. В связи с этим в 2023 году столкнулись с нехваткой вагонного парка для перевозки цемента, что вызвано ограниченностью пропускной способностью железных дорог и конечно дефицитом вагонного парка. Современная транспортировка сыпучих

материалов требует особого подхода, обеспечивающего сохранность продукции, экономичность процесса и удобство обработки [1].

Одним из способов решения этой проблемы является контейнеризация транспортировки цемента, которая признана высокоэффективным способом перевозки широкого ассортимента товаров. Такой способ позволяет значительно облегчить погрузочно-разгрузочные мероприятия в начальной и конечной точках маршрута, а также ускорить логистический процесс доставки контейнеризированных грузов, обеспечивая при этом надежность и безопасность перевозок, снизить риски потерь и минимизировать расходы.

Железнодорожный транспорт осуществляет отправку цемента разными способами: в навальнym способом, в классических мешках, в мягких специализированных контейнерах, в мешках в термопленке и в слимбэгах [2]. Массовая отправка цемента все же происходит в вагонах-хопперах.

Технология загрузки цемента в вагон-хоппер на заводе включает следующий порядок действий: вагон-хоппер располагается непосредственно под бункером, откуда цемент поступает самостоятельно по трубопроводу через открытые отверстия в верхней части крыши вагона. Для выгрузки используется система с разгрузочными отверстиями, вспомогательным бункером приема, пневматическим транспортом и вибрационным устройством встряхивания. Во время загрузки и выгрузки цемента задействуются разнообразные механизмы, что влечет значительные издержки предприятия на обслуживание и содержание соответствующей техники.

Применение предприятиями-производителями вагонов-хопперов для транспортировки цемента насыпью негативно сказывается на экологической ситуации вследствие выбросов пыли при погрузочных операциях и последующей выгрузке у заказчика [3]. Это обстоятельство, наряду с большими временными затратами на длительные перевозки и необходимость обслуживания дорогостоящих специализированных устройств, диктует необходимость внедрения новых технологий. Использование универсальных крупнотоннажных контейнеров с предусмотренными сверху крышками и установленными внутрь специальными полимерными вкладышами, оборудованными встроенными верхними клапанами, предназначенными для безопасной перевозки насыпных грузов может частично решить проблему дефицита подвижного состава [4].

Использование крупнотоннажных контейнеров помогает уменьшить потребность в специальной технике и исключить строительство подземных частей бункеров при проведении погрузочно-разгрузочных работ с цементом у получателей. Это решение устраняет отрицательное воздействие мелкодисперсного цемента на окружающую среду, избавляет от необходимости очистки вагонов-хопперов от остаточной цементной массы (предотвращается риск смешивания различных сортов цемента). Сам контейнер при этом сможет служить местом временного хранения материала.

Преимущества контейнерных перевозок цемента заключаются в следующем:

- высокая эффективность и скорость транспортировки цемента;
- надежная защита материала от возможных повреждений в пути;
- сокращение временных затрат на проведение погрузочно-разгрузочных мероприятий;
- удобство комбинирования различных видов транспорта;
- возможность осуществлять международные перевозки, облегчая импорт и экспорт цемента;
- универсальность транспортировки, позволяющая доставить материал в удаленные и труднодоступные регионы;

- оптимальное использование внутреннего пространства контейнеров, что способствует повышению эффективности перевозок;
- выбор наиболее рациональных маршрутов и организация грамотных логистических схем [5].

Разновидности контейнеров для транспортировки цемента включают:

- мягкие контейнеры типа биг-бэг или МКР, изготовленные из капроновых либо полипропиленовых материалов с внутренним полиэтиленовым покрытием, объемом от 0,5 до 3 тонн.;
- жесткие крупногабаритные контейнеры big-bag, выполненные из металла, вмещающие от 3 до 5 тонн груза;
- флекситанки — специализированные емкости с многослойным прочным полимерным вкладышем внутри, обеспечивающим надежную защиту содержимого при транспортировке;
- танк-контейнеры — особые цистерны, предназначенные для установки на стандартизованные железнодорожные платформы или автофургоны, поддерживающие смешанные способы доставки;
- контейнеры-хопперы — конструкции открытого типа, допускающие перемещение цементного сырья без предварительной фасовки в пакеты [6].

Существуют два основных метода перемещения цемента посредством контейнеров:

- транспортировка предварительно упакованного продукта в мешках;
- перевозка насыпью, без дополнительной тары.

Контейнерные перевозки обладают рядом экономических преимуществ:

Упрощение логистических операций.

Использование контейнеров обеспечивает быструю и эффективную транспортировку цемента, снижая временные и ресурсные затраты на погрузочно-разгрузочные мероприятия. Возможность легко переваливать грузы с одного вида транспорта на другой существенно облегчает и ускоряет процессы доставки. Благодаря унифицированным размерам контейнеров можно свободно комбинировать разные транспортные средства (железнодорожные, морские, автомобильные), что ведет к снижению расходов и ускорению товаропотоков.

Максимально рациональное использование пространства.

Контейнерные перевозки позволяют наилучшим образом задействовать полезное пространство судов и вагонов благодаря стандартизации размеров и форм контейнеров. Это дает возможность компактнее размещать грузы, уменьшает транспортные расходы и повышает общий объем транспортируемого цемента.

Применение крупнотоннажных контейнеров также улучшает контроль над процессом доставки, поскольку позволяет следить за перемещением груза с использованием современных технологий (например, GPS/Глонасс, RFID), обеспечивая лучшее планирование маршрутов и повышая общую эффективность цепи поставок.

По сравнению с традиционными вагонами-хопперами контейнерные перевозки имеют ряд существенных плюсов:

- ускоренная и надежная доставка цемента;
- повышенная сохранность и защита груза;
- оптимальное использование грузоподъемности транспортных средств;
- сокращение временных затрат на загрузку и выгрузку;
- минимизация риска повреждений и потерь товара;
- общее повышение качества логистического процесса.

В ближайшем будущем одним из ключевых направлений развития в сфере перевозок цемента и прочих насыпных грузов станет рост популярности универсальных хопперов,

таких как зерновозы и минераловозы. Эти типы вагонов способны перевозить широкий спектр товаров, включая цемент, минеральное сырье, удобрения, глинозём и прочие грузы. Их приобретение экономически выгодно, особенно в периоды спада спроса на цемент, позволяя компаниям гибко реагировать на изменения рынка.

Однако, несмотря на очевидные выгоды, не все участники отрасли готовы принять самые передовые модели вагонов, такие как новый зерновоз 19-1274-01. Для эксплуатации таких вагонов необходима модернизация существующей железнодорожной инфраструктуры. Тем не менее, предприятия, адаптировавшиеся к новым технологиям, смогут повысить свою конкурентоспособность, получив доступ к надежным поставкам цемента даже в пик сезона [7].

Ещё одно перспективное новшество для решения проблемы нехватки специализированных вагонов – перевозка цемента навалом в полувагонах с применением специального защитного вкладыша. Этот метод позволяет сохранить качество продукции, защищает её от атмосферных воздействий и даёт экономию за счёт пониженного железнодорожного тарифа. Однако этот вариант имеет и минусы: необходимость модернизации существующих приёмочных устройств, повышенные трудозатраты при выгрузке и усиленное образование пыли.

Перспективным решением для преодоления дефицита специализированных вагонов-хопперов в период строительного пика может стать использование полувагонов для перевозки цемента. Предприятия-получатели, готовые принимать груз таким способом, окажутся в преимущественном положении.

Начиная с марта 2023 года, Российские железные дороги ввели постепенный переход на систему логических ограничений для согласования заявок ГУ-12 и внесения изменений в суточный клиентский план погрузки (СКПП) в ситуациях, когда заявляемые объемы превышают пропускные мощности инфраструктуры. До этого момента можно было подать

Раньше возможно было подать заявку ГУ-12 в прямом сообщении с сокращёнными сроками, а теперь подача заявок должна осуществляться строго за 10 дней до запланированной отправки, а в других случаях — за 15 дней. Планы, подаваемые в суточный клиентский план погрузки (СКПП), обязаны согласовываться с возможностями переработки подъездных путей необщего пользования, техническими параметрами станций назначения и лимитами инфраструктуры. Время рассмотрения заявок перевозчиками и владельцами инфраструктуры увеличилось.

Данные меры свидетельствуют о повышении уровня технологического контроля со стороны РЖД. Они носят характер скорее вынужденных мер, направленных на формирование у участников рынка ответственности за точное планирование своей потребности и более эффективное использование ресурсов транспортной инфраструктуры [8].

Обострение конкуренции на рынке цемента предполагает развитие инновационных логистических решений. Логистика цемента ориентируется на улучшение клиентского сервиса, создание распределительных центров и выявление наиболее быстрых и недорогих способов доставки. Наиболее успешными станут производители цемента, способные быстро приспосабливаться к увеличивающимся ожиданиям клиентов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей

сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCK

2. Куныгина, Л. В. Анализ факторов, влияющих на сохранность грузов при железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 269-271. – EDN QPGLAP.

3. Журавлева, И. В. Особенности управления безопасностью движения на железнодорожном транспорте / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 262-265. – EDN XQHOEY.

4. Куныгина, Л. В. Повышение эффективности грузовых перевозок на основе цифровых платформ / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 275-279. – EDN IPNRTV.

5. Куныгина, Л. В. Современные методы управления качеством сервиса в грузовых железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 279-283. – EDN BCZJGD.

6. Журавлева, И. В. Оптимизация материального потока с учетом логистических основ в сфере обращения / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 67-71. – EDN LSHVNE.

7. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCK.

8. Журавлева, И. В. Концептуальная возможность информационного обеспечения транспортной логистики / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 75-79. – EDN ATHXXX.

УДК 656.223

### **Перспективные технологии перевозки сыпучих грузов**

Попова Е.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** В статье рассмотрены вопросы повышения эффективности транспортировки насыпных грузов путем внедрения технологий пакетирования, включая использование мягких контейнеров (МКР) и вагонов со съемными кузовами. Описаны особенности и преимущества данных технологий, возможные направления их применения и значимость комплексного подхода к развитию современной логистики,

нацеленной на повышение технологической эффективности и экологической безопасности.

Ключевые слова: сыпучие продукты, потери груза, экономические показатели, мягкие контейнеры, биг-бэги (МКР), вагоны со съемными кузовами, железнодорожные перевозки, логистика, производственные издержки, транспортный бизнес.

Современные тенденции в сфере железнодорожных перевозок характеризуются значительным ростом объемов перевозок насыпных грузов, что предъявляет высокие требования к эффективности используемых технологий и качеству услуг [1].

Традиционные подходы к доставке сыпучих материалов сталкиваются с серьезными проблемами, связанными с потерями груза, негативным воздействием на окружающую среду, обеспечением безопасности работников и низкой производительностью погрузочно-разгрузочных операций [2].

Одной из инновационных методик, призванных устраниить указанные проблемы, является технология пакетирования сыпучих грузов, предусматривающая использование мягких контейнеров (МКР) и вагонов со съемными кузовами.

Основные трудности, возникающие при проведении погрузочно-разгрузочных работ с сыпучими грузами, заключаются в следующем:

1. Потеря груза: утечка вследствие недостаточной герметичности крышек полувагонов и рассеивание частиц ветром во время транспортировки.

2. Экологические последствия: возникновение пыли при выполнении погрузочно-разгрузочных операций негативно сказывается на здоровье персонала и состоянии экологии, случайные высыпания груза загрязняют почву и водоемы.

3. Вопросы безопасности: нарушение техники безопасности при разгрузке через люки полувагонов представляет опасность для сотрудников, работа с мелкими фракциями, образующими пыль, ухудшает условия труда, кроме того, некоторые вещества, например угольные частицы, создают риск возникновения взрывоопасных ситуаций.

4. Производительность и экономия: длительное ожидание при погрузке и разгрузке приводит к убыткам компаний, неэффективные методики снижают продуктивность и увеличивают эксплуатационные расходы [3].

Решением перечисленных трудностей может стать применение новейших технологий пакетирования, включающих одноразовые мягкие контейнеры и вагоны со съемными кузовами. Один из предложенных методов пакетирования – использование одноразовых мягких контейнеров.

Биг-бэги (МКР) представляют собой современный и эффективный способ транспортировки сыпучих и инертных материалов (рисунок 1). Использование мягких контейнеров для перевозки сыпучих грузов получило широкое распространение среди предприятий благодаря ряду значительных преимуществ.

Прежде всего, МКР отличаются высокой степенью герметичности, надежно защищающей груз от воздействия внешней среды, таких как влажность, пыль и механические повреждения. Эта особенность сохраняет исходное состояние и качество груза на протяжении всего маршрута следования, исключая потери и повреждение продукции. Герметичность контейнеров также положительно влияет на сокращение времени очистки вагонов после завершения погрузочно-разгрузочных операций, уменьшая простой подвижного состава на станционных путях [4]. Кроме того, мягкая конструкция контейнеров позволяет отказаться от обустройства специализированных площадок для временного хранения сыпучих материалов, облегчая складирование и хранение. Такое решение помогает компаниям сократить расходы на содержание

инфраструктуры и оптимизировать использование имеющихся складских помещений [5].

Перед началом применения МКР необходимо учесть размер площадки для погрузочно-разгрузочных работ, емкость фронтов погрузки-выгрузки и доступные площади складских зон.



Рисунок 1 - Биг-бэги (МКР)

Значительная доля расходов ОАО «РЖД» связана с временными задержками поездов в ожидании выполнения грузовых операций. Применение одноразовых мягких контейнеров существенно сокращает продолжительность погрузочно-разгрузочных мероприятий, что позитивно отражается на снижении общих издержек [6].

Применение МКР с улучшенным захватным механизмом приносит целый ряд положительных эффектов, таких как снижение складских расходов, оптимизация погрузочно-разгрузочных операций, защита груза от механического повреждения и неблагоприятных погодных условий, повышение производительности труда, снижение транспортных затрат и значительное сокращение времени простоя вагонов при осуществлении грузовых операций.

Съемный кузов вагона представляет собой составную часть модульной системы грузоперевозок, позволяющую повысить гибкость и эффективность логистических процессов (рисунок 2).



Рисунок 2 - Вагон со съемными кузовами

Его простота отделения от базовой платформы обеспечивает быстрое переключение на другие виды транспорта или временное размещение груза на складе. Рынок грузовых перевозок делится на два сектора: перевозки в универсальных и специализированных вагонах. Универсальные вагоны (полувагоны, платформы, крытые вагоны) используются для транспортировки широкого круга грузов круглогодично, что обеспечивает стабильную эксплуатацию независимо от колебаний спроса. Специализированные вагоны подходят исключительно для определенных категорий грузов, делая их более эффективными, однако они сильнее зависят от сезонных, экономических и социальных тенденций рынка [7].

Конструктивно вагон подразделяют на две ключевые части: экипажную секцию (включающую базовую платформу, тележки, тормоза и сцепное оборудование), стоимость которой колеблется в интервале 70–80% общей стоимости вагона, и кузовную часть (около 30–20%). Смена кузова без демонтажа экипажной секции позволяет существенно экономить на расходах по подготовке к различным видам перевозок и уменьшать парк специализированных вагонов.

Преимуществами применения таких вагонов являются: уменьшение капитальных вложений и текущих расходов на поддержание парка, возможность обновления кузова по мере его старения без замены основного шасси, возможность заменить несколькими универсальными вагонами целую группу специализированных единиц, отсутствие необходимости отсоединять кузов от локомотива при погрузке и разгрузке, легкое приспособление к изменениям объема и ассортимента грузов, а также существенное сокращение времени нахождения вагона под грузовыми операциями.

Конструкция вагонов со съемным кузовом предусматривает наличие стандартных верхних угловых фитингов, что позволяет устанавливать и снимать кузова с использованием обычного подъемного оборудования. Если съемные кузова хранятся пустыми, их можно штабелировать друг на друга, что значительно сокращает необходимые складские площади и освобождает железнодорожные пути. Хранилище для таких кузовов обходится дешевле, чем эксплуатация полноценных вагонов.

Особенность конструкций заключается в наличии фиксированного крепежного элемента, позволяющего разместить транспортные единицы в несколько уровней. Это повышает вместимость хранилищ и увеличивает интенсивность обработки грузов. Биг-бэги, ожидающие погрузки, размещаются непосредственно в съемных кузовах, после чего сам кузов устанавливается на вагон. Данная схема работы подразумевает реконструкцию действующих погрузочно-разгрузочных машин для совместимости с фитингами, используемыми для крепления кузова на вагоне. Крепеж съемных элементов к железнодорожной платформе выполняется через фиксаторы фитинга без жесткой привязки.

Одной из главных задач для владельцев вагонов со съемными кузовами является обеспечение возможности быстрого снятия кузова с вагона и последующего размещения на терминале с целью ожидания разгрузки. После этого вагон возвращается пустой или с другим кузовом, готовым к дальнейшей перевозке. Такая технология требует оперативного учета конфигураций вагонов и введения цифровых инструментов для отслеживания смены кузовов [8].

Таким образом, использование вагонов со съемными кузовами открывает широкие перспективы для повышения эффективности железнодорожных перевозок. Основное достоинство данной технологии состоит в гибкости подбора кузова под конкретные нужды рынка и экономии на перевозке грузов. Чтобы добиться успеха в применении таких вагонов, необходимо создать линейку моделей с улучшенными техническими характеристиками и облегчить процедуры погрузки и разгрузки.

Предлагаемые технологии, такие как использование мягких контейнеров (МКР) и вагонов со съемными кузовами, открывают значительные возможности для роста предприятий в области транспортного бизнеса. Объединяя преимущества обоих решений, появляется новая перспективная концепция, направленная на повышение эффективности грузовых перевозок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCK

2. Журавлева, И. В. Особенности управления безопасностью движения на железнодорожном транспорте / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 262-265. – EDN XQHOEY.

3. Буракова, А. В. Методы управления работой сортировочной станции / А. В. Буракова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 23-28. – EDN XEEFAG.Куныгина, Л. В. Современные методы управления качеством сервиса в грузовых железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 279-283. – EDN BCZJGD.

4. Буракова, А. В. Определение продолжительности расформирования составов при различных вариантах технического оснащения грузовых станций / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020) : труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09–11 ноября 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 156-159. – EDN VKBLUK.

5. Журавлева, И. В. Оптимизация материального потока с учетом логистических основ в сфере обращения / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 67-71. – EDN LSHVNE.

6. Буракова, А. В. Исследование ритмичности поступления грузов на предприятие / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 31-36. – EDN MBQPES.

7. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCK.

8. Журавлева, И. В. Концептуальная возможность информационного обеспечения транспортной логистики / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 75-79. – EDN ATHXXX.

УДК 658.7

**Новые тенденции развития складской логистики**

Попова Е.А<sup>1</sup>., Мадяр О.Н.<sup>2</sup>

1. Филиал РГУПС в г. Воронеж

2. Российский университет транспорта

**Аннотация:** в статье рассматриваются принципы функционирования бондовых складов, их влияние на рынок электронных продаж и экономику страны. Подробно описаны преимущества внедрения этой технологии, перспективы интеграции российских регионов в глобальные логистические сети благодаря новым технологиям, облегчающим доступ китайского бизнеса к рынкам сбыта в России.

**Ключевые слова:** логистика, бондовый склад, инновации в логистике, оптимизация доставки, товары, транспортировка, клиенты, таможенные процедуры.

В условиях быстрых перемен и технологического прогресса логистика играет важнейшую роль в обеспечении успеха компаний.

С начала апреля 2023 года стартовала программа оптимизации трансграничной электронной коммерции, направленная на повышение скорости доставки зарубежных товаров российским покупателям. Этот проект позволит интернет-магазинам значительно уменьшить затраты на транспортировку и ускорить процесс доставки продукции потребителям [1].

Теперь клиенты смогут получать покупки из-за рубежа всего за 1–3 дня, тогда как ранее ожидание занимало несколько недель. Процесс возврата товара также упрощается и соответствует стандартному порядку обработки возвратов внутренних онлайн-покупок [2].

Эксперимент организован совместно Почтой России, выступающей оператором инициативы, и компанией KazanExpress, ставшей первым участником программы. Проект открыт для подключения новых партнеров. Первым этапом реализации стало открытие бондового склада в казанском почтовом логистическом центре с апреля 2023 года, позже аналогичные возможности появятся и во Внуково с июля месяца.

В Казанском логистическом центре в ходе начального этапа планируется разместить порядка 30000–40000 заказов, включающих импортные товары, пока не прошедшее таможенное оформление. Уплата налогов и пошлин предусмотрена исключительно за фактически реализованный товар, а оставшиеся непроданные изделия возможно вернуть обратно за границу без дополнительной финансовой нагрузки.

Таможенный, или бондовый, склад является специальной зоной, предназначенной для хранения импортируемых товаров интернет-магазинами под наблюдением таможенных органов. Особенность заключается в том, что товары на таком складе освобождаются от процедуры таможенного оформления, уплаты акцизов и пошлин до тех пор, пока они не будут приобретены конечным потребителем. Это отличается от стандартных складов временного хранения, поскольку бондовый склад позволяет организовать полный цикл операций, начиная от заказа клиентом и заканчивая доставкой товара покупателю, включая возможность переупаковки, маркировки груза и передачи права собственности третьим лицам [3].

Основное преимущество бондовых складов заключается в возможности доставить большие партии товаров оптом, минуя необходимость отправки множества мелких посылок, что заметно снижает затраты на логистику.

Разновидность бондовых складов представлена на таблице 1.

Во многих государствах применяется единая ставка таможенного платежа, охватывающая весь объем импорта независимо от типа товара. Например, в

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Европейском союзе эта ставка равна 10%, в Японии — 8%. Китай снизил свою ставку с прежних 12,9% до текущих 9,5%. Важно отметить, что помимо единого таможенного сбора в некоторых регионах взимаются дополнительные платежи, такие как налог на добавленную стоимость (НДС). В частности, в Европе НДС уплачивают покупатели физических товаров непосредственно при приобретении розничной продукции.

Такая система организации трансграничной торговли предполагает использование бondовых складов для ускорения доставки покупок из-за рубежа. Ожидается, что применение режима бondовых складов позволит увеличить поступления в государственный бюджет примерно на 10 миллиардов рублей ежегодно к 2025 году. Создание таких складских объектов способствует сокращению сроков доставки, повышению точности исполнения заказов и снижению расходов на хранение товаров [4]. Для Почты России внедрение подобной схемы повышает уровень конкурентоспособности на международном рынке логистики, улучшает качество обслуживания клиентов и обеспечивает более эффективную организацию управления запасами [5]. Этот подход положительно влияет на развитие национальной экономики путем повышения ее разнообразия и активизации международного торгового сотрудничества.

Проведен детальный анализ местоположения бondовых складов в Казани и аэропорту Внуково, а также создана математическая модель для оценки эффективности введения бondовых складов в указанных логистических центрах Почты России. Дополнительно было изучено предложение по открытию аналогичного склада в Новосибирске.

Таблица 1 - Разновидность бondовых складов

Вид	Характеристика
Склады временного хранения (тип А)	Хранение товаров, ввезенных на таможенную территорию страны в ожидании последующего использования или обработки с разрешения таможни
Бондовый склад общего пользования или публичные бondовые склады (тип В)	Владелец (администратор) создает помещение доступное для всех, кто желает хранить товары под контролем таможни. Данные склады обладают лицензией на депонирование товаров до уплаты таможенных пошлин
Частный бондовый склад (тип С)	Только владелец (администратор) склада может использовать его для хранения собственных товаров, либо товаров, хранящихся от других лиц, но ответственность за товары остается за владельцем. Такой вид склада используется для определенных импортеров, на котором могут храниться только товары лицензированных поставщиков
Бондовые склады типа D и E	Также являются частными, но хранить товары может только владелец (администратор), причем только свои собственные
Особая экономическая зона или свободная экономическая зона	Место представляющее собой географический район, нанесенный на карту и зарегистрированный. Такое имеет такие названия как бондовые территории и парки бондовой логистики
Авиационные и судовые бондовые склады	Место, где размещаются незадекларированные, неисправные и непригодные для использования товары

Используя полученные данные и выводы, разработанная математическая модель направлена на снижение издержек при перевозке товаров из китайских бondовых зон на российские площадки Почты России. Эта мера должна обеспечить существенный рост производительности и эффективность процесса транспортировки на российском рынке трансграничной торговли [6].

При исследовании преимуществ расположения бondовых складов в Казани и Внуково, а также перспектив открытия подобного склада в Новосибирске, возникла необходимость разработки специализированного программного решения. Было выявлено требование создать программное обеспечение, способное адаптироваться к специфическим условиям российского сегмента трансграничной торговли [7].

Благодаря таким складам китайский бизнес сможет укрепить свое присутствие на российском рынке. Несмотря на то, что Россия располагает большим количеством

качественной складской недвижимости (около 35%), чем Китай (примерно 7%), электронная торговля КНР продолжает расти, несмотря на нехватку современных складов. Большинство китайских товаров отправляется зарубежным покупателям именно через иностранные склады, доля которых достигает около 80%.

Для дальнейшего расширения своего влияния Китай стимулирует развитие складов за рубежом, включая российскую территорию. Учитывая трудности с международными логистическими цепочками и высокие тарифы на доставку, многие китайцы рассматривают расширение складских площадей в России как важный шаг для поддержания стабильного потока товаров [8].

Сегодня экономически выгоднее завозить крупные партии товаров: подорожала логистика и выросли ставки таможенных платежей (доходящие порой до 50%). Важным плюсом для продавцов является отсрочка оплаты налогов и сборов на ввозимые товары вплоть до момента продажи.

Еще одно преимущество бондовых складов — возможность отправлять обратно нереализованные товары без финансовых потерь. Таможенные правила предусматривают отдельную пошлину на каждую единицу товара.

Такие преимущества интересны не только крупным ритейлерам, но и производственным компаниям. Склад позволяет проводить крупносерийную сборку изделий, менять их качественные характеристики, осуществлять мелкую доработку, маркировку, упаковку и даже техническую поддержку оборудования.

Однако главное достоинство бондовых складов для покупателей — существенное сокращение сроков доставки товаров из Азии. Если сейчас доставка посылки из Китая занимает около 20-30 дней, то наличие товаров на местном бондовом складе уменьшит срок ожидания до 3-4 дней.

Это значит, что клиент получит заказ гораздо быстрее и дешевле, что привлечёт дополнительную аудиторию и увеличит объёмы продаж. Следовательно, бондовые склады станут серьёзным подспорьем в преодолении дефицита товаров, вызванного уходом иностранных игроков с российского рынка.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCK
2. Журавлева, И. В. Цифровые технологии в железнодорожной отрасли / И. В. Журавлева, О. Н. Мадяр // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 73-77. – EDN HINMWI.
3. Куныгина, Л. В. Современные методы управления качеством сервиса в грузовых железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 279-283. – EDN BCZJGD.
4. Журавлева, И. В. Оптимизация материального потока с учетом логистических основ в сфере обращения / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж:

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 67-71. – EDN LSHVNE.

5. Куныгина, Л. В. Анализ факторов, влияющих на сохранность грузов при железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 269-271. – EDN QPGLAP.

6. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCK.

7. Куныгина, Л. В. Повышение эффективности грузовых перевозок на основе цифровых платформ / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 275-279. – EDN IPNRTV.

8. Журавлева, И. В. Концептуальная возможность информационного обеспечения транспортной логистики / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 75-79. – EDN ATHXXX.

УДК 658.7

### Цифровые решения в трансграничной логистике

Попова Е.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** в статье рассмотрены новые тенденции развития складской логистики. Функционирование бондовых складов невозможно без разработки нового инструмента – программного комплекса, которое получило название «BondLogistik», разработанному для оптимизации трансграничной торговли и улучшения логистических процессов.

Статья подчеркивает значимость развития цифровых решений в логистике для укрепления позиций российских компаний на глобальном рынке и достижения устойчивого экономического роста.

**Ключевые слова:** логистика, бондовый склад, инновации в логистике, цифровая платформа, оптимизация доставки, товары, транспортировка, клиенты, таможенные процедуры, логистические процессы.

Современные тенденции требуют от бизнеса постоянного совершенствования и инноваций. Особенно остро эта проблема встаёт перед компаниями, работающими в сфере логистики и дистрибуции. Именно поэтому одной из ключевых задач для отечественных компаний становится поиск эффективных решений, которые способны качественно преобразовать существующие логистические процессы и сделать их максимально эффективными и прибыльными [1].

Такую технологию разработала команда российских инженеров и программистов. «BondLogistik» – это уникальная цифровая платформа, созданная специально для

удовлетворения нужд российских предприятий, работающих в области логистики и складского хозяйства [2].

Эта программное обеспечение основано на инновационных методах анализа больших данных и искусственном интеллекте. Его цель – упростить и автоматизировать работу складов и логистических центров, сделав их деятельность прозрачной, эффективной и менее зависимой от человеческого фактора.

Модель выбора программного обеспечения предусматривает гибкость и универсальность, позволяя применять её не только для бондовых складов, но и для любых других видов складского хозяйства, включая временные хранилища и центры фулфилмента. Такое преимущество обеспечивается благодаря способности программы одинаково эффективно обслуживать разные типы складов и соответствовать различным требованиям бизнеса [3].

Вопрос о приобретении готового программного обеспечения, доступного на рынке, и последующей адаптации его под нужды конкретной компании решается индивидуально каждым предприятием, исходя из проведенных исследований и потребностей руководства. Крупные компании, обладающие достаточными ресурсами в области информационных технологий, могут предпочесть создание собственного программного решения, принимая во внимание проведённый анализ и уникальные характеристики своей операционной среды. Напротив, малые и средние предприятия, либо компании, не желающие инвестировать значительные средства в собственную разработку, могут выбрать готовое решение, предлагаемое рынком.

Оптимальное решение относительно программного обеспечения определяется масштабом предприятия. Малый бизнес вполне удовлетворится решением на платформе Excel, в то время как крупным компаниям, таким как маркетплейсы, потребуется собственное уникальное программное обеспечение, соответствующее их индивидуальным потребностям. Однако важно осознавать, что разработка собственного продукта потребует значительных вложений ресурсов на стадии проектирования, внедрения и последующего сопровождения.

Независимо от масштаба предприятия, основными критериями при выборе программного обеспечения являются выгоды и соответствие выбранной системы целям и задачам конкретного бизнеса.

«BondLogistik» - система, которая раскрывает ключевые элементы логистического менеджмента и учитывает специфику бизнеса в данном секторе. Модульная структура охватывает широкий спектр аспектов, начиная от современных подходов к управлению складскими площадями и заканчивая оптимизацией транспортных маршрутов и эффективным управлением запасами и подходит не только для бондовых складов, но и для других форматов хранения и распределения товаров [4].

Использование системы «BondLogistik» позволит оптимизировать логистические процессы, такие как обработка поступлений, расчет себестоимости перевозок, определение наиболее эффективных путей доставки и контроль запасов [5]. Это обеспечит значительное улучшение качества работы всей цепочки поставок не только для самой Почты России, но и для широкого круга пользователей, которым станет доступна данная технология после запуска официального старта проекта с 1 апреля 2024 года.

Продукт включает комплекс технологически продвинутых и программных компонентов, ориентированных на достижение максимальной эффективности логистических операций именно на территории бондовых складов, предлагая передовые методы и алгоритмы для автоматизации процессов [6].

1. Модуль Управление спросом (SCM) – «УПРАВЛЕНИЕ СПРОСОМ» Предназначен для точного прогнозирования спроса с использованием методов

прогностической аналитики. Автоматизация учета и анализа данных реализуется через специальный модуль, совместимый с системой 1С. Эффективность достигается за счёт точной настройки прогнозов, учитывающей индивидуальные особенности каждого склада и региона.

2. Модуль Оптимизация транспортных маршрутов («МАРШРУТМАСТЕР»)

Представляет собой централизованную систему автоматического формирования оптимальных маршрутов доставки с учётом текущих условий дорожного движения. Реализован удобный интерфейс для интеграции с 1С, позволяющий точно планировать перевозки и оптимально распределять транспортные ресурсы, повышать точность расчётов и избежать ошибок.

3. Модуль Технологическое отслеживание и учет («ТРЕКЛОГИСТИК»)

Современная система учёта и мониторинга для различных типов складов, включая бондовые. Обеспечивает точную фиксацию перемещений товаров и высокую степень детализации информации. Система тесно связана с программой 1С, что облегчает взаимодействие с контрагентами и партнерами, а также повышает общий уровень автоматизации.

4. Модуль Сотрудничество с контрагентами и партнерами («ПАРТНЁР ЛОГИСТИК»)

Позволяет наладить сотрудничество с другими логистическими компаниями и поставщиками услуг. Через удобную виртуальную платформу обеспечиваются эффективные коммуникации и взаимовыгодное распределение ресурсов, что снижает общие издержки и повышает надёжность поставки.

5. Модуль Управление запасами («ОПТИМСКЛАД»)

Система интеллектуального управления запасами, настроенная на адаптацию к изменению спроса и колебаниям сезона. Повышает эффективность за счёт автоматизированного подбора уровней запасов, исключая возникновение избыточных остатков. Полностью интегрируется с системой 1С, облегчая синхронизацию данных и управляя ресурсами в реальном времени.

Эта система представляет собой универсальный инструмент для оптимизации логистических процессов, подходящий не только для бондовых складов, но и для различных типов складских помещений [8]. Её главная ценность заключается в повышении устойчивости и эффективности бизнеса, особенно в условиях динамично меняющегося рынка трансграничной торговли.

Преимущества использования «BondLogistik»:

- подходит для различных секторов бизнеса благодаря глубокой интеграции с популярной ERP-системой 1С, что упрощает внедрение и настройку;
- система адаптируется под уникальные условия каждого склада, включая расположение и ассортимент товаров, что гарантирует максимальную выгоду от её использования;
- применение технологии искусственного интеллекта и аналитических инструментов позволяет оптимизировать маршруты доставки, запасы и логистические операции, снижая издержки и повышая скорость реакции на изменения рынка;
- возможность быстро адаптироваться к внешним факторам, таким как изменения законодательства, экономические кризисы и политическая нестабильность, делает компанию устойчивее в долгосрочной перспективе.

«BondLogistik» для компаний, подключающихся к работе бондовых зон позволит применить современные подходы к логистике, сэкономить на затратах и повысить конкурентоспособность.

Таким образом, использование «BondLogistik» может предоставить компаниям мощные инструменты для эффективного управления логистикой, экономии ресурсов и

роста прибыли, что крайне важно в условиях развивающейся трансграничной торговли и постоянно изменяющейся политической обстановкой и рыночной среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCK
2. Журавлева, И. В. Цифровые технологии в железнодорожной отрасли / И. В. Журавлева, О. Н. Мадяр // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 73-77. – EDN HINMWI.
3. Куныгина, Л. В. Современные методы управления качеством сервиса в грузовых железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 279-283. – EDN BCZJGD.
4. Журавлева, И. В. Оптимизация материального потока с учетом логистических основ в сфере обращения / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 67-71. – EDN LSHVNE.
5. Куныгина, Л. В. Анализ факторов, влияющих на сохранность грузов при железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 269-271. – EDN QPGLAP.
6. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCK.
7. Куныгина, Л. В. Повышение эффективности грузовых перевозок на основе цифровых платформ / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 275-279. – EDN IPNRTV.
8. Журавлева, И. В. Концептуальная возможность информационного обеспечения транспортной логистики / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 75-79. – EDN ATHXXX.

УДК 656.223

**Новые пассажирские вагоны формата Т**

Попова Е.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** В статье рассмотрена модернизации российского плацкартного вагона формата Т, обладающего увеличенными размерами и улучшенными характеристиками. Рассматриваются технологические аспекты, связанные с переходом на новые стандарты, а также инновационные решения, направленные на повышение комфорта и безопасности пассажиров. Представлен современный интерьер вагона и его технические характеристики. Описаны современные технологии обработки и очистки помещений вагона, влияние новой формы вагонов на инфраструктуру железных дорог и потенциальному положительному эффекту для пользователей услуг железнодорожного транспорта.

**Ключевые слова:** модернизация, плацкартный вагон, формат Т, инфраструктура, комфорт пассажиров, безопасность, инновации, дизайн интерьера, транспортные перевозки, российские железные дороги.

Российская железная дорога приступила к разработке и внедрению принципиально новых вагонов формата Т, которые призваны повысить уровень комфорта и удобства путешествий на железнодорожном транспорте. Эти новые вагоны отличаются от стандартных моделей существенно большим размером поперечного сечения и повышенной высотой, что открывает широкие перспективы для улучшения условий проезда пассажиров [1].

Традиционный плацкартный вагон модели 1-ВМ обладает размерами поперечного сечения 4,598 x 3,1 метра. Новые вагоны формата Т имеют размер поперечного сечения 5,26 x 3,38 метров, включая кондиционеры, установленные на крыше. За счёт увеличения размеров вагона становится возможным создать более просторные условия для пассажиров: удлинённые полки, увеличенные проходы и дополнительное пространство для размещения необходимого оборудования.

Повышенная высота и ширина вагонов формата Т создают ряд технических трудностей, которые требуют комплексного подхода к реализации проекта. Прежде всего, важно учитывать увеличение общей длины вагона, что потребует повторного расчета геометрии пути и коррекции положения рельсовых конструкций. Другая проблема связана с необходимостью обеспечить совместимость новых вагонов с существующей инфраструктурой железных дорог [2]. Из-за больших габаритов возникает риск столкновения с конструкциями туннелей, путепроводов и коммуникационных линий. Поэтому приходится проводить масштабные работы по реконструкции инфраструктуры, включающие подъем металлических конструкций и расширение туннельных проемов [3].

Тем не менее, благодаря усилиям РЖД по постепенному улучшению железнодорожной сети, планируется запуск первых маршрутов с использованием вагонов формата Т уже в ближайшие годы [4]. По мере развития процесса модернизации число направлений, где смогут использоваться подобные вагоны, будет увеличиваться.

Концепт-прототип нового вагона доступен для осмотра на Павелецком вокзале Москвы до 16 октября текущего года. Посетители могут свободно зайти внутрь вагона и ознакомиться с особенностями его внутреннего устройства. Однако важно понимать, что представляемый прототип предназначен исключительно для демонстрации общего внешнего вида и не отражает конечную серийную версию. Некоторые характеристики вагона могут подвергнуться изменениям до начала массового производства.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

На данный момент вариант вагона некупейного вагона модели 61-4534 представлен ниже на рисунках 1 и 2.

Среди главных особенностей конструкции можно отметить следующее:

1) Интерьер собран из двух базовых элементов — модуль плацкарт со встроенным шкафом и обычный плацкарт. Открытая конфигурация предусматривает наличие большого окна, которое одновременно выступает в роли аварийного выхода. Всего предусмотрено не менее двух окон подобного типа.

2) В проекте применены новейшие технологии, обеспечивающие максимальный комфорт пассажиров. Например, специальные двустворчатые дверцы возле каждой пары кроватей предоставляют возможность организовать закрытое пространство для сна, изолированное от посторонних взглядов.

3) Внутри предусмотрены удобные места для отдыха и зарядки мобильных устройств, регулируемые системы подачи воздуха и продуманная эргономика.

4) Беспокоиться о наличии личного пространства не придется даже верхним пассажирам, которым выделен отдельный маленький столик для питания и работы с гаджетами. Простота перемещения достигается оптимизацией лестниц и пространством для багажа, организованным таким образом, чтобы исключить неудобства при перемещениях по салону.



Рисунок 1 – Вагон габарита Т



Рисунок 2 – Внутреннее наполнение некупейного вагона модели 61-4534, габарита Т

Особое внимание уделено созданию комфортной обстановки внутри вагона. Помимо традиционных преимуществ открытой конфигурации, появилась возможность выбрать более закрытую обстановку, позволяющую минимизировать взаимодействие с соседями по вагону. Благодаря увеличенным размерам вагона каждый пассажир получает дополнительные метры пространства, делая поездку гораздо приятней и уютней [5].

Помимо традиционного оформления салона, новое исполнение оборудовано множеством приятных мелочей, повышающих качество сервиса:

- место для телефона или планшета;
- розетки для зарядки электроники;
- дополнительные подушки и аксессуары для комфортного сна;
- подсветка и шумоизоляционные шторы для улучшения личного пространства.

Однако следует помнить, что многие детали интерьера являются лишь частью экспериментальной модели и могут претерпеть изменения в процессе доработки.

Одной из наиболее важных новаторских идей является внедрение инновационной системы очистки туалетов и душа. Отдельная зона для принятия душа предусмотрена в каждом вагоне, причем эта зона отделена от основного санузла. Таким образом обеспечивается повышенный уровень комфорта и гигиеничности, позволяя поддерживать чистоту и свежесть на протяжении всей поездки [6].

Новшеством также является использование современных технологий для дезинфекции поверхностей в туалете. Установленные сенсоры реагируют на присутствие человека, автоматически отключаясь сразу после завершения процедуры ухода за собой. Такая технология предотвращает распространение бактерий и вирусов, создавая благоприятные условия для здоровья пассажиров.

Эти меры позволяют значительно снизить риски заболеваний и инфекций среди путешествующих пассажиров, особенно в длительных рейсах.

Преимуществом внедрения вагонов формата Т является значительное улучшение качества обслуживания пассажиров, создание большего пространства для размещения багажа и повышение комфорта во время поездок. Благодаря увеличению размеров внутренних отделений повышается общая вместительность вагона, что положительно сказывается на рентабельности перевозок.

Недостатки связаны преимущественно с техническими аспектами переоборудования существующих магистралей [7]. Переход на новые форматы влечет значительные затраты на модернизацию инфраструктуры, включая реконструкцию туннелей, путепроводов и инженерных сетей. Важно отметить, что большинство работ связано с безопасностью движения поездов, поэтому временные трудности неизбежны.

Принимая во внимание растущие потребности рынка и желание россиян совершать комфортные путешествия на дальние расстояния, реализация программы обновления вагонов формата Т представляется перспективной и необходимой мерой [8].

Таким образом, модернизация вагонов формата Т станет важным этапом в развитии отечественной транспортной отрасли, предложив российским гражданам современный и надежный сервис на уровне мировых стандартов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлева, И. В. Логистический подход к управлению пассажирскими потоками / И. В. Журавлева, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 249-251. – EDN HVZVTR.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

2. Журавлева, И. В. Роль мультимодальных перевозок в способах доставки пассажиров / И. В. Журавлева, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 252-254. – EDN ERADZI.
3. Журавлева, И. В. Особенности управления безопасностью движения на железнодорожном транспорте / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 262-265. – EDN XQHOEY.
4. Буракова, А. В. Оптимизация параметров маршрутной сети городского наземного пассажирского транспорта / А. В. Буракова, С. В. Фенькова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 18-22. – EDN DAYZH2.
5. Журавлева, И. В. Логистические технологии в пассажирских перевозках / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 257-260. – EDN BSHONP.
6. Журавлева, И. В. Использование логистического сервиса для реализации основных задач пассажирского комплекса в пригородном сообщении / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 260-262. – EDN GQVDPB.
7. Буракова, А. В. Преимущество внедрения новых электровозов / А. В. Буракова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 28-32. – EDN GYCAKN.
8. Буракова, А. В. Исследование задержек подвижного состава на станциях и подходах к ним / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, Н. С. Козлов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 14-18. – EDN WLBQLL.

УДК 656.025

**Инновационные технологии досмотра вагонов**  
Попова Е.А.  
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация: в статье рассмотрены современные технологии и методы, применяемые для оптимизации процесса досмотра грузового подвижного состава на железных дорогах. Использование нейросетей, интеллектуальной аналитики изображений и рентгеновского оборудования позволяют сократить трудозатраты и

повысить точность выявления нарушений и потенциальных угроз. Приведены конкретные примеры российского опыта внедрения современных технологических решений, подчеркивая значимость цифровой трансформации в повышении эффективности и надежности перевозок.

Ключевые слова: коммерческий осмотр, вагон, транспорт, оборудование, современные технологии, грузоперевозки, автоматизация, досмотр, подвижной состав.

Досмотр грузового подвижного состава представляет собой сложную и ресурсоемкую процедуру, вследствие чего во многих странах активно внедряются технологии, позволяющие минимизировать участие персонала [1]. Для облегчения работы транспортников используются современные инструменты вроде нейронных сетей, интеллектуального анализа изображений и машинного обучения. Современные системы контроля груза тесно взаимодействуют с информационными системами железнодорожных компаний, обеспечивая автоматическое измерение габаритов, отслеживание передвижения составов и сокращая простой поездов [2].

Необходимость оптимизации процедур досмотра возникла в результате увеличения объема грузоперевозок, вызвавшего потребность внедрения инновационных технологий на железнодорожном транспорте России начиная с двухтысячных годов [3]. Отказ от традиционных методов визуальной проверки в пользу автоматизированных комплексов продиктован целью повышения эффективности эксплуатации инфраструктуры.

Изначально коммерческий осмотр вагонов производился с использованием габаритных ворот, оборудованных специальными сенсорами и видеокамерами (рисунок 1).

Контроль проходит на ходу поезда, скорость которого варьировалась от 15 до 70 километров в час, исходя из характеристик используемого оборудования. Вагоны проезжают через ворота без остановок, и если система обнаруживала аномалии, операторы фиксируют соответствующие нарушения в документации [4]. Тяжелые случаи неисправностей приводят к замене дефектных вагонов. Вся процедура фиксации проверочных операций записываются в архив видеонаблюдения, позволяя следить за состоянием подозрительных единиц подвижного состава.

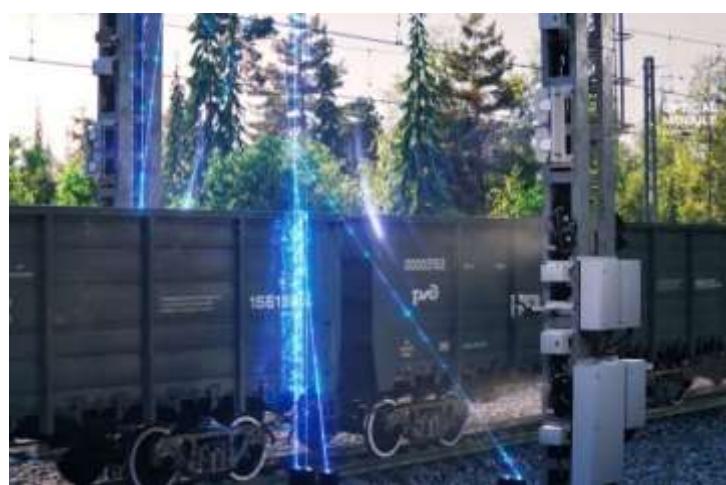


Рисунок 1 – Коммерческий осмотр вагонов

Со временем развитие технологий существенно преобразило процедуры коммерческого досмотра. Сейчас некоторые решения предусматривают создание

трехмерных моделей вагонов. Когда компьютерная система выявляет проблемы, проблемные зоны отображаются на экране красным цветом. Операторы получают возможность увеличить изображение, повторно проверив работу автоматической системы, ведь даже самые продвинутые алгоритмы, включая нейросети и видеоанализаторы, иногда допускают погрешности.

Современные методы включают активное использование нейросетей для диагностики дефектов габаритов и неправильного размещения груза внутри вагона. К примеру, если нагрузка распределена неправильно либо сместился центр тяжести, что создает угрозу безопасной перевозки, оператор немедленно получает сигнал тревоги. Система способна распознавать превышение норм загрузки по таким материалам, как древесина или уголь, оперативно уведомляя сотрудников о возможных нарушениях.

Нейротехнологии также задействованы для мониторинга состояния элементов конструкции вагонов, таких как крышки цистерн, двери и борта, а также качества крепления грузов в открытом подвижном составе [5]. Такие меры способствуют повышению уровня безопасности и точности проверок, сводя влияние человеческого фактора практически к нулю.

Еще одним инструментом современного досмотра являются рентгеновские установки. Они позволяют эффективно выявлять посторонние предметы или признаки внешнего воздействия на конструктивные элементы вагона. Благодаря этому удается отказаться от вскрытия вагонов вручную или полной выгрузки грузов, что заметно ускоряет весь процесс досмотра.

Сегодня российские границы оснащены примерно тремя десятками специализированных инспекционных комплексов, предназначенных для быстрого досмотра транспорта (рисунок 2). Подобные решения позволяют проводить контроль автомобилей с контейнерами буквально на ходу, значительно экономя время и усилия работников пограничных служб.

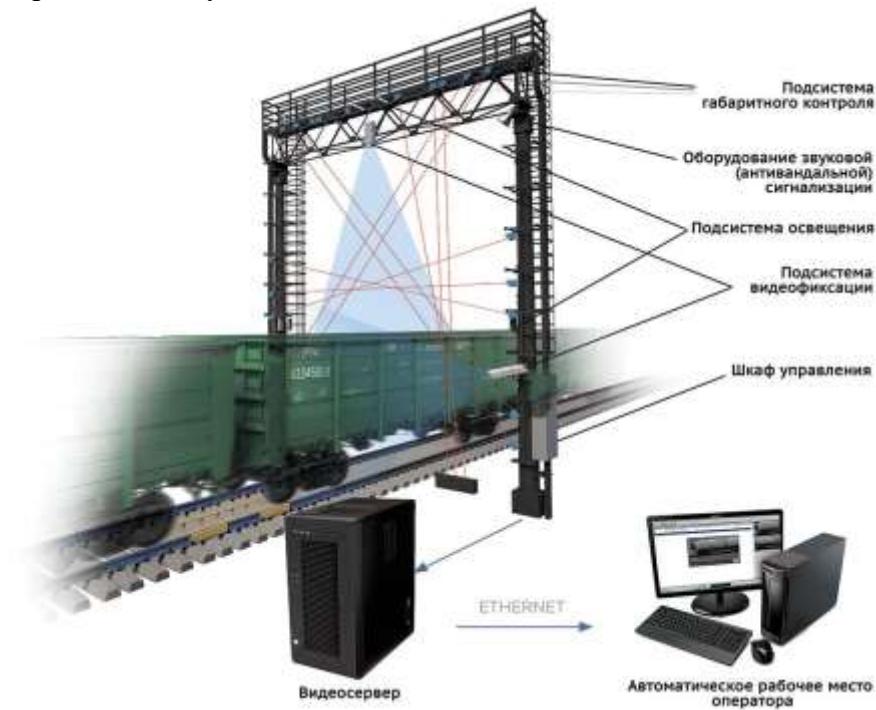


Рисунок 2 – Автоматизированная система коммерческого осмотра вагонов

Стационарные железнодорожные устройства способны быстро и точно сканировать содержимое вагонов и контейнеров, перемещающихся на скоростях до 70 км/ч, не прерывая движение состава. Оснащенное современной технологией, такое оборудование способно видеть сквозь препятствия и находить нелегально перевозимые грузы любых размеров [6]. Специализированные инспекции-досмотровые комплексы всего за несколько минут формируют детальное рентген-изображение, способное обнаружить даже небольшие тайники и спрятанные объекты, несмотря на значительный вес груза.

Возможность реализации такого функционала обусловлена технологиями, обеспечивающими проникновение через толстые металлические стенки (до 40 сантиметров). Получаемое изображение не только помогает выявить контрабандные товары, такие как наркотики, оружие или взрывчатые вещества, но и позволяет определять химический состав найденных объектов.

Сейчас в России функционируют около тридцати инспекционно-досмотровых комплексов на границах государства. Особое внимание уделяется контролю нижней части вагонов на предмет наличия посторонних предметов и технических модификаций. Специальные датчики и камеры размещаются непосредственно вдоль путей, мгновенно считывая изображение, которое сравнивается с базовыми параметрами. Любое отклонение сразу выделяется красным цветом на дисплее, облегчая выявление несанкционированных изменений.

Российские предприятия активно работают над созданием новых технологий для железнодорожного досмотра. Среди поставщиков соответствующих решений известны такие фирмы, как РТК, Алгонт, АРСИС, Скантроник Системс и прочие.

Такие инновационные подходы востребованы повсеместно, учитывая увеличивающуюся нагрузку на железные дороги [7]. Этот тренд вызван несколькими факторами: морская логистика становится рискованной в ряде регионов мира, авиасообщение ограничено санкциями, закрывшими воздушное пространство для самолётов ряда государств, включая Россию. Поэтому возрастает популярность мультимодальных маршрутов и транспортировки товаров поездами.

Современный процесс досмотра вагонов открывает большие перспективы для развития железнодорожной отрасли. Специалисты считают, что внедрение цифровых технологий и модернизация существующих методик позволят значительно ускорить и оптимизировать процессы, повышая общую производительность и конкурентоспособность железной дороги [8]. Таким образом, сокращение временных затрат является ключевым фактором роста эффективности и устойчивости железнодорожной индустрии.

Оптимизация и цифровая трансформация процессов досмотра грузового подвижного состава играют ключевую роль в развитии транспортной инфраструктуры, обеспечивая повышение производительности и снижение издержек. Современные технологии, такие как нейросети, видеоаналитика и рентгеноскопия, позволили радикально изменить традиционные методики проверки вагонов, сократив временные затраты и минимизировав вмешательство человеческого фактора. Важность перехода на цифровые решения подтверждает успешный опыт России, где успешно реализуются проекты автоматизации досмотра, направленные на обеспечение стабильности и конкурентоспособности железнодорожного транспорта в условиях глобализации и растущих логистических нагрузок. Дальнейшее развитие этих направлений позволит обеспечить устойчивый рост эффективности железнодорожной инфраструктуры и способствовать её интеграции в международные транспортные коридоры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCSK
2. Журавлева, И. В. Особенности управления безопасностью движения на железнодорожном транспорте / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 262-265. – EDN XQHOEY.
3. Буракова, А. В. Методы управления работой сортировочной станции / А. В. Буракова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 23-28. – EDN XEEFAG.Куныгина, Л. В. Современные методы управления качеством сервиса в грузовых железнодорожных перевозках / Л. В. Куныгина // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 279-283. – EDN BCZJGD.
4. Буракова, А. В. Определение продолжительности расформирования составов при различных вариантах технического оснащения грузовых станций / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2020) : труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09–11 ноября 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 156-159. – EDN VKBLUK.
5. Журавлева, И. В. Оптимизация материального потока с учетом логистических основ в сфере обращения / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 67-71. – EDN LSHVNE.
6. Буракова, А. В. Исследование ритмичности поступления грузов на предприятие / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("Транспромэк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 31-36. – EDN MBQPES.
7. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCSK.
8. Журавлева, И. В. Концептуальная возможность информационного обеспечения транспортной логистики / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной

научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 75-79. – EDN АТНХХХ.

УДК 656.025

**Современные технические средства коммерческого осмотра**

Попова Е.А.

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

**Аннотация:** В статье рассмотрен комплекс технической диагностики «Спрут» 5327Т, созданный компанией «Инновационная техника и технологии». Система предназначена для эффективного и безопасного осмотра вагонов и грузов, обеспечивая высокое качество контроля в кратчайшие сроки. Российские железные дороги активно работают над повышением уровня безопасности перевозок и сохранностью груза, внедряя новые технологии контроля.

**Ключевые слова:** коммерческий осмотр, качество осмотра, технические средства, контроль, проверка, груз, крепление груза, видеокамера.

Коммерческий осмотр вагонов играет ключевую роль в обеспечении безопасности перевозки грузов, сохранении их качества и защите имущества владельцев. Традиционные методы осмотра включают ручную проверку состояния груза, оценивая крепление, целостность пломб, повреждения кузовов, плотность закрытия дверей и люков, а также соблюдение размеров погрузки. Однако растущие объемы перевозок требуют внедрения новых технологий, позволяющих повысить скорость и точность осмотров, снизить риск ошибок и минимизировать влияние человеческого фактора [1].

Российские железные дороги совместно с промышленными предприятиями уделяют большое внимание обеспечению безопасности движения поездов и сохранности перевозимых товаров. Для повышения уровня контроля над объектами инфраструктуры внедряются современные системы видеонаблюдения, однако из-за высоких затрат и строгих условий установки процесс модернизации проходит поэтапно [2]. В результате многие станции продолжают использовать традиционные методы проверки качества груза, включая приставные лестницы и эстакады, что затрудняет тщательную проверку и повышает вероятность травматизма сотрудников [3].

Согласно установленным нормам, перед отправкой каждого поезда и вагона проводится обязательный коммерческий осмотр, направленный на выявление возможных дефектов, влияющих на безопасность перевозок и сохранность груза [4]. Осмотр включает оценку крепления груза, целостности пломб, наличия повреждений кузова, герметичности люков и дверных замков, правильности габаритов загрузки и отсутствия элементов конструкции, способных повредить груз в процессе транспортировки [5].

Проведение такого детального осмотра в установленные сроки (от 30 до 50 минут на состав) без специализированных инструментов представляет значительные трудности, особенно учитывая необходимость подъема на большую высоту и работу вблизи высоковольтных линий электропередач.

Компания «Инновационная техника и технологии» разработала инновационное решение проблемы — компактную систему визуальной инспекции «Спрут» 5327Т (рисунок 1), предназначенную для быстрого и качественного осмотра вагонов и груза даже в сложных условиях. Эта система была испытана на крупной железнодорожной станции Свердловской магистрали в разное время года и суток.

Система состоит из мобильной видеокамеры с яркой подсветкой, установленной на диэлектрической телескопической штанге, удобного экрана мониторинга и вспомогательных аксессуаров, обеспечивающих комфорт и эффективность оператора.



Рисунок 1 - Комплекс технического средства «Спрут» модели 5327Т



Рисунок 2 - Осмотр вагонов с использованием комплекса технического средства «Спрут» модели 5327Т

Осмотр вагонов с использованием комплекса технического средства «Спрут» модели 5327Т осуществляется с помощью специальной диэлектрической штанги, оснащённой видеокамерой (рисунок 2). Штанга крепится на плечевое ремёное приспособление оператора, снабжённое экраном для отображения видеосигнала. Пользователь имеет возможность настраивать длину штанги, наклон камеры и интенсивность освещения в зависимости от конкретных эксплуатационных условий. Камера транслирует изображение по беспроводному каналу связи Wi-Fi непосредственно на дисплей, позволяя визуально оценить состояние груза внутри вагона, способ укладки, маркировку и наличие пломб. Оператор остаётся мобильным и свободным руками, что даёт возможность одновременно записывать необходимую информацию, поддерживать связь по радиостанции или телефону, применять инструментальное оборудование и выполнять прочие рабочие операции.

Использование комплекса технического средства «Спрут» 5327Т при обследовании железнодорожных транспортных средств обеспечивает выполнение следующих функций:

- обнаружение коммерческих дефектов;
- оценку состояния крыш вагонов и контейнеров;
- проверку наличия и работоспособности замочно-пломбировочного оборудования;

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

- определение методов закрепления груза в вагоне с подсчетом числа крепежных элементов;
- создание, хранение и передачу на внешние устройства фотоматериалов и видеозаписей результатов коммерческого осмотра;
- контроль целостности и правильности нанесения трафаретов и маркировок на крыши контейнеров и самих грузах;
- выявление посторонних предметов внутри или снаружи вагонов;
- мониторинг уровня заполнения открытых грузовых вагонов и прочие сопутствующие операции.

Комплекс технических средств «Спрут» 5327Т подходит для использования:

- при приёме грузов к перевозке на железнодорожных станциях погрузки;
- в пунктах коммерческого осмотра (ПКО), коммерческих постах безопасности (КПБ) либо непосредственно на железнодорожных станциях отправления, где отсутствуют указанные пункты, для проведения коммерческого осмотра;
- при тщательном обследовании вагонов с обнаруженными коммерческими дефектами посредством автоматизированной системы коммерческого осмотра поездов и вагонов без перевода на отдельный обесточенный путь;
- при визуальном контроле объектов, расположенных на большой высоте;
- при проверке автомобилей и железнодорожных составов на таможенных и пограничных переходах;
- при диагностике состояния элементов конструкции столбов и вышек;
- при инспекции желобов, водостоков и кровель зданий;
- на пропускных пунктах терминалов, перевалочных нефтебаз и промышленных предприятий для проверки сохранности пломб и идентификации номера пломбы на цистернах;
- для повышения уровня транспортной безопасности.

Конструктивные особенности обеспечивают быстрое развёртывание и компактное сворачивание комплекса одним-двумя сотрудниками.

Использование диэлектрической телескопической штанги даёт возможность эффективно осматривать удалённые зоны в диапазоне расстояний от 1,5 до 5 метров независимо от направления обзора.

Специальная плечевая ремневая разгрузка гарантирует:

- оптимальное распределение веса оборудования,
- свободное использование обеих рук оператора для внесения заметок, управления съёмочным оборудованием и фиксации фотоснимков и видеозаписей;
- высокий уровень комфорта и удобства пользования устройством на протяжении всего рабочего процесса.

Комплекс технических средств «Спрут» 5327Т способен быстро проводить осмотр товаров, загруженных в железнодорожные вагоны при объезде состава поезда. Применение КТС «Спрут» 5327Т облегчает проверку грузов вблизи контактной сети электропередач, снижая финансовые расходы, сокращая временные затраты и уменьшая трудоёмкость процедуры проверки правильности укладки и закрепления грузов.

«Спрут» 5327Т позволяет визуально оценить правильность расположения и надёжность крепления груза внутри вагона, состояние крыши вагонов и контейнеров в поездах, которые ранее не проходили контроль с использованием автоматических систем типа АСКО ПВ и АСКО СВ. Это помогает своевременно выявить возможные нарушения и избежать чрезвычайных происшествий благодаря раннему обнаружению потенциальных дефектов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCSK
2. Журавлева, И. В. Особенности управления безопасностью движения на железнодорожном транспорте / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 262-265. – EDN XQHOEY.
3. Журавлева, И. В. Оптимизация материального потока с учетом логистических основ в сфере обращения / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 67-71. – EDN LSHVNE.
4. Журавлева, И. В. Критерии качества системы доставки грузов / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 79-83. – EDN AEXCCSK.
5. Журавлева, И. В. Концептуальная возможность информационного обеспечения транспортной логистики / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 75-79. – EDN ATHXXX.

УДК 623.1/7

#### Перспективы использования магнитных усилителей вместо электронных в аэродромно – подвижном агрегате

Прокофьев М.А.

ВУНЦ ВВС ВВА

В последние десятилетия наблюдается интерес к магнитным усилителям как альтернативе электронным для повышения надежности и энергетической эффективности систем. Эти устройства используют магнитные поля для управления и усиления сигналов, что делает их перспективными для замены традиционных усилителей в специфических приложениях. В статье рассматриваются принципы работы магнитных усилителей в аэродромно—подвижных агрегатах для наземного обслуживания авиатехники. Также анализируются их преимущества, области применения и перспективы развития в современных технологических трендах.

*Ключевые слова:* магнитные усилители, электронные усилители, аэродромно—подвижный агрегат, эффективность, автоматика.

In recent decades, there has been an increasing interest in magnetic amplifiers as an alternative to electronic amplifiers for improving the reliability and energy efficiency of systems. These devices use magnetic fields to control and amplify signals, making them a

promising alternative to traditional amplifiers in specific applications. This article explores the principles of magnetic amplifiers in airfield mobile units for ground-based aircraft maintenance. It also analyzes their advantages, applications, and future prospects in the current technological landscape.

*Keywords:* magnetic amplifiers, electronic amplifiers, airfield mobile unit, efficiency, automation.

Аэродромно—подвижные агрегаты (АПА) представляют собой автономные источники электрической энергии, предназначенные для питания бортовых систем самолетов и вертолетов на земле, запуска двигателей и проверки электрооборудования. Эти устройства, как правило, монтируются на шасси автомобилей и включают: дизельный двигатель, генераторы постоянного и переменного тока, системы регулировки и кабели для подключения к летательным аппаратам. В современных АПА усилители играют ключевую роль в регулировки напряжения, частоты и мощности, обеспечивая стабильность питания. Магнитные усилители очень широко применяются в системах автоматического контроля за работой станций и машин, в системах автоматического управления, вплоть до управления космическими ракетами. А до их появления использовались электронные усилители на основе вакуумных или полупроводниковых элементов (транзисторов, операционных усилителей). Но им стало довольно проблематично выполнять свои функции в автоматических устройствах, которые стали самостоятельно управлять работой поточных линий, полетом ракет, производить сложнейшие расчеты и от их надежности стало зависеть очень и очень многое, вплоть до жизни людей. Выяснилось, что у электронных усилителей есть ряд существенных для автоматики недостатков: малая долговечность электронных ламп, чувствительность к ударам и вибрациям, необходимость некоторого промежутка времени после включения для разогрева катодов электронных ламп. А в условиях эксплуатации на аэродромах, где возможны вибрации, перепады температур, электромагнитные помехи и даже радиационное воздействие (в военных сценариях) эти устройства демонстрируют уязвимости [1].

Магнитный усилитель — это устройство, основанное на принципах электромагнитной индукции, усиливающее электрический сигнал за счет изменения магнитного потока в ферромагнитном сердечнике. Состоит из трансформатора с обмотками: управляющей (постоянного тока) и рабочей (переменного тока). Малый ток подается на управляющую обмотку, создавая постоянное магнитное поле (или подмагничивание) в сердечнике. В ферромагнитном сердечнике, под воздействием постоянного тока, происходит насыщение магнитного материала. Это приводит к резкому уменьшению индуктивности рабочей обмотки. Изменение индуктивности рабочей обмотки влияет на ее индуктивное сопротивление. Чем сильнее подмагничивание, тем меньше индуктивность и, как следствие, меньше индуктивное сопротивление, что позволяет большему току протекать через нагрузку [2]. Таким образом, маломощный входной сигнал (управляющий ток) управляет значительно большим выходным током в нагрузке, включенной в рабочую цепь.

Преимущества магнитных усилителей по сравнению с электронными включают [3]:

1. Энергоэффективность. Магнитные усилители обладают более высокой энергетической эффективностью по сравнению с электронными аналогами. Они минимизируют потери энергии, что способствует снижению потребления электроэнергии в системах.

2. Высокая надежность и долговечность. Магнитные усилители менее подвержены ускоренному старению, так как они не имеют движущихся частей и менее

чувствительны к перегреву. Это приводит к более длительному времени службы, что является важным фактором в критических приложениях.

3. Устойчивость к внешним воздействиям. Магнитные усилители могут функционировать в широком диапазоне температур и условиях воздействия, таких как высокая влажность, загрязненность или вибрация. Их устойчивость к электромагнитным помехам делает их идеальными для использования в сложных условиях. Это особенно актуально для АПА, эксплуатируемых в полевых условиях.

4. Простота в производстве. Процесс производства магнитных усилителей может быть проще и дешевле по сравнению с полупроводниковыми устройствами. Это связано с меньшим количеством необходимых компонентов и более упрощенной технологией сборки.

5. Высокое линейное усиление. Магнитные усилители способны обеспечивать высокое линейное усиление, что делает их превосходными для применения в аудио и других аналоговых системах, где искажения сигнала должны быть минимальными.

Все это демонстрирует преимущество магнитных усилителей над электронными. Но несмотря на это, магнитные усилители имеют следующие недостатки: инерционность: большая постоянная времени (от миллисекунд до секунд) ограничивает применение в быстродействующих системах. Габариты и масса магнитных усилителей больше из-за ферромагнитных сердечников. КПД в некоторых схемах ниже, чем у транзисторных усилителей, из-за потерь на гистерезисе.

Сравнивая МУ и электронные усилители в контексте АПА, можно выделить следующие аспекты (таблица 1).

Таблица 1. — Сравнение характеристик усилителей

Параметр	Магнитные усилители	Электронные усилители
Надежность	Высокая	Средняя
Быстродействие	Низкое	Высокое
Устойчивость к помехам	Высокая	Низкая
Масса и габариты	Большие	Малые
Срок службы	Долгий	Средний
Стоимость обслуживания	Низкая	Высокая

В современных АПА электронные усилители используют для регулировки параметров питания: стабилизации напряжения (28,5 В постоянного тока или 115/200 В переменного), контроля частоты (400 Гц) и защиты от перегрузок. Они интегрированы в системе автоматике, обеспечивая быстрое реагирование на изменения нагрузки. Их преимущества заключаются в высоком быстродействии и точности, малых габаритах и низкой массы, а также у них есть возможность интеграции с цифровыми системами [4]. Применение магнитных усилителей в различных областях свидетельствует о их потенциале как перспективной альтернативы традиционным электронным технологиям. В условиях роста потребностей в эффективных и надежных решениях, магнитные усилители могут занять важную нишу на рынке усилительных устройств. А перспективы развития материаловедения, новые редкоземельные сплавы (на основе редкоземельных элементов) позволяют снизить массу и инерционность и повысить КПД. Замена в АПА может повысить надежность в экстремальных условиях, таких как, арктические аэродромы или зоны боевых действий, где электронные устройства выходят из строя чаще. Экономически это оправдано за счет снижения затрат на ремонт и обслуживание для продления срока службы агрегата. Это не значит, что магнитные усилители полностью заменяют электронные. В области более высоких частот магнитные

усилители почти не применяются, но в системах автоматики, где в большинстве случаев требуется усиление постоянных токов, они активно используются.

Библиографический список

1. Розенблат, М. А. Магнитные усилители с самонасыщением / М. А. Розенблат. М. ; Л. : Госэнергоиздат, 1953. 123 с. (Библиотека по автоматике; вып. 75).
2. Соболевский, А. Г. Магнитный усилитель — что такое? / А. Г. Соболевский. М. : Госэнергоиздат, 1963. 48 с. (Библиотека по автоматике; вып. 482).
3. Гейтенко, Е. Н. Магнитные усилители в системах автоматического регулирования / Е. Н. Гейтенко. М.: Энергия, 1972. 176 с.
4. Каган, Б. М. Магнитные усилители и их применение в авиации / Б. М. Каган, М. Л. Каневский. М.: Оборонгиз, 1957. 212 с.

УДК 004.89:629.4.067

**Интеллектуальная система контроля состояния машиниста: новый подход к безопасности движения на железной дороге**

Рябко К.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

*Аннотация.* Статья посвящена разработке интеллектуальной системы контроля состояния машиниста локомотива для повышения безопасности движения поездов. Проведен анализ существующих систем ТСКБМ, КЛУБ-У, БЛОК, свидетельствующий, что в данных системах отсутствует учет индивидуальных особенностей машинистов. В качестве решения предложена интеллектуальная система, интегрирующая биометрическую аутентификацию по геометрии лица, и самообучаемый нейросетевой блок анализа. Предлагаемая система работает в две стадии. На стадии обучения нейросеть адаптируется к поведенческим паттернам машиниста, анализируя видеоданные, аудиопоток и параметры управления локомотивом. На стадии эксплуатации система осуществляет персонализированный контроль, что позволяет снизить количество ложных срабатываний и повысить достоверность оценки состояния. Внедрение системы обеспечит переход к персонализированному контролю, сокращению количества нештатных ситуаций и формированию оптимальных режимов труда, представляя собой значительный шаг в развитии эргатических систем «машинист-локомотив».

*Ключевые слова:* интеллектуальная система контроля, функциональное состояние машиниста, безопасность движения поездов, нейросетевая технология, биометрическая аутентификация, самообучаемый алгоритм, эргатическая система.

*Annotation.* This article focuses on the development of an intelligent locomotive driver monitoring system to improve train safety. An analysis of existing TSKBM, KLUB-U, and BLOK systems reveals that these systems do not take individual driver characteristics into account. As a solution, we propose an intelligent system integrating biometric facial authentication and a self-learning neural network analysis unit. The proposed system operates in two stages. During the training stage, the neural network adapts to the driver's behavioral patterns by analyzing video data, audio streams, and locomotive control parameters. During the operational stage, the system provides personalized monitoring, reducing the number of false alarms and increasing the reliability of driver assessments. Implementation of the system will facilitate a transition to personalized monitoring, a reduction in the number of emergency

situations, and the development of optimal work regimes, representing a significant step in the development of ergatic driver-locomotive systems.

*Keywords:* intelligent control system, driver functional state, train safety, neural network technology, biometric authentication, self-learning algorithm, ergatic system.

Безопасность движения поездов напрямую зависит от функционального и физиологического состояния машиниста. Человеческий фактор, согласно данным ОАО «РЖД», остается одной из ключевых причин инцидентов на транспорте [1-3]. Так, по статистике, до 70-80% случаев нарушений движения поездов связаны с ошибками персонала, а значительная их часть происходит из-за снижения бдительности, утомления и монотонии. Современные системы контроля бодрствования машиниста сталкиваются с рядом проблем: от чувствительности к электромагнитным помехам до невозможности учесть индивидуальные поведенческие особенности человека. Рассматриваемая интеллектуальная самообучающаяся система призвана решить эти задачи, повысив точность и надежность оценки состояния машиниста при ведении поезда.

Выполним анализ существующих технических решений, применяемых на локомотивах полигона ОАО «РЖД», обеспечивающих безопасность движения поездов.

В настоящее время известны различные способы контроля уровня бодрствования машиниста в эргатической системе машинист-локомотив. Некоторые из них основаны на измерении тонуса мышц с помощью специальных датчиков или на основе измерения электрического сопротивления кожи запястья машиниста [4, 5]. Однако такие системы подвержены влиянию электромагнитных помех от мобильных устройств, радиостанций и других средств связи, количество которых в кабине современного локомотива постоянно растет. Главный же их недостаток – отсутствие учета индивидуальных особенностей поведения людей, что может исказить результаты анализа и в некоторых случаях может привести к ложному срабатыванию системы контроля бодрствования машиниста.

В настоящее время наиболее широко применяются такие системы контроля функционального состояния машиниста локомотива как: ТСКБМ, КЛУБ-У и БЛОК, включающие в себя комплекс датчиков и блоков управления [4, 5]. Данные системы хорошо зарекомендовали себя и существенно позволили повысить безопасность движения поездов, но с учетом современного развития интеллектуальных систем контроля и применения нейросетевых технологий требуют модернизации. Наиболее перспективным направлением модернизации применяемых локомотивных систем безопасности движения является интеграция в них интеллектуального самообучающегося блока анализа поведения и физиологического состояния машиниста, адаптирующегося под конкретного человека, а также применения функции автоматического определения личности машиниста по биометрическим данным. Расширение данными функциями применяемых локомотивных систем безопасности движения позволило бы персонализировать настройки системы контроля функционального состояния и строить индивидуальные профили риска для каждой локомотивной бригады.

На основании вышеизложенного, можно сформулировать цель данной работы – разработка обобщенной архитектуры интеллектуальной системы, позволяющей повысить точность и надежность оценки текущего состояния системы «машинист-локомотив» с учетом индивидуальных особенностей каждого члена локомотивной бригады.

Исследования в области физиологии труда показывают, что эффективность таких систем при адаптации под каждого пользователя может повышаться на 30-40% [6-8].

В нашем случае приближенного результата можно достичь за счет введения в применяемые локомотивные системы безопасности движения подсистему из двух

ключевых элементов: биометрической системы аутентификации по геометрии лица и интеллектуального самообучаемого блока анализа функционального состояния машиниста локомотива, которые в совокупности представляли бы собой интеллектуальную систему контроля состояния машиниста.

Биометрическая система аутентификации по геометрии лица позволит автоматически идентифицировать машиниста перед началом работы, проверяя его право на управление локомотивом. Технологии распознавания лиц сегодня демонстрируют точность выше 99%, что исключает несанкционированный доступ.

Интеллектуальный самообучаемый блок анализа функционального состояния машиниста локомотива, выполненный на основе нейронной сети. Фактически это «мозг» системы, который не только анализирует данные в реальном времени, но и постоянно учится, адаптируясь под уникальные поведенческие паттерны каждого машиниста. Использование нейросетей в подобных задачах позволяет снизить количество ложных тревог на 25% по сравнению с системами, работающими на статических алгоритмах [9, 10].

Рассмотрим примерный алгоритм работы системы. Структурно система включает в себя блок регистрации видеинформации, блок регистрации речевых взаимодействий, датчики положения органов управления, блок сбора информации, интеллектуальный самообучаемый блок анализа, биометрическую систему аутентификации, блок управления и локомотивный блок электроники.

Целесообразно работу системы разделить на две стадии: стадия обучения и эксплуатации.

**Стадия обучения.** После того, как машинист занимает свое место, система с помощью камеры идентифицирует его по геометрии лица. В процессе движения нейронная сеть, работая по исходному алгоритму, начинает анализировать непрерывный поток данных:

- видео с камеры: положение тела и головы, состояние глаз (например, закрыты ли веки), направление взгляда, мимика. Анализ микровыражений лица позволяет на ранней стадии выявить признаки усталости, которые проявляются в среднем за 10-15 минут до потенциального засыпания;

- аудиоданные: речевая активность. Снижение речевой активности или изменение тембра голоса могут служить маркерами снижения работоспособности машиниста;

- данные с датчиков: положение рукояток и других органов управления. Статистика показывает, что увеличение количества микродвижений или, наоборот, длительная статичность органов управления коррелируют с потерей концентрации.

На этой стадии система учится распознавать, что является нормой, а что – отклонением для конкретного человека. При этом она уже способна реагировать на критические ситуации (например, длительное закрытие глаз более 1,5...2 секунд или отсутствие машиниста на месте), подавая сигнал тревоги или инициируя аварийный останов поезда.

**Стадия эксплуатации.** После завершения обучения нейронная сеть полностью адаптирована под индивидуальные особенности машиниста. Это позволяет ей с максимальной точностью оценивать его функциональное состояние и работоспособность, минимизируя ложные срабатывания и повышая достоверность контроля. Пилотные проекты с использованием адаптивных систем демонстрируют снижение числа инцидентов, связанных с человеческим фактором на 20-25%.

Рассмотрим преимущества и перспективы применения подобных алгоритмов, основными из которых являются:

- применение данной интеллектуальной системы позволит перейти от унифицированного к персонализированному контролю;

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

- учет индивидуальных черт характера и поведения каждого машиниста значительно повысит надежность и достоверность работы всей системы.

Таким образом, предложенное решение не только повышает безопасность движения на железнодорожном транспорте за счет предотвращения ситуаций, связанных с потерей бдительности машиниста, но и создает гибкий, адаптивный инструмент, который «понимает» своего оператора. В перспективе накопленные данные позволят не только предотвращать нештатные ситуации, но и формировать индивидуальные рекомендации по оптимизации режимов труда и отдыха для машинистов, что является важным шагом в развитии эргатических систем, где человек и машина работают в тесной взаимосвязи.

### Библиографический список

1. Калачева, О. А. Анализ нарушений безопасности движения поездов / О. А. Калачева, С. А. Прицепова // Актуальные проблемы железнодорожного транспорта: Сборник статей научной конференции, Воронеж, 01 октября 2018 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2018. – С. 96-100. – EDN YLYHYL.
2. Анализ транспортных происшествий, связанных с нарушением безопасности движения поездов, в разное время суток / В. В. Сериков, Д. В. Алпаев, А. А. Закревская, А. С. Кремез // Железнодорожная медицина и профессиональная биоритмология / Московский государственный университет путей сообщения, Кафедра железнодорожной медицины. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "ТОРУС ПРЕСС", 2013. – С. 32-39. – EDN USQTSX.
3. Метод оценки влияния человеческого фактора на безопасность движения поездов на основе признаков культуры безопасности / Н. О. Бересток, В. А. Кобзев, Е. А. Овчинникова, Ж. Янев // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. – 2020. – № 1(2). – С. 12-20. – EDN UWHQIZ.
4. Елякин, С. В. Локомотивные системы безопасности движения : Учебное пособие (курс лекций) / С. В. Елякин. – Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2016. – 192 с. – ISBN 978-5-89035-923-0. – EDN YSDIZL.
5. Кравчук, В. В. Управление безопасностью движения поездов : монография / В. В. Кравчук, В. К. Верхотуров, Ю. В. Никулин ; В. В. Кравчук, В. К. Верхотуров, Ю. В. Никулин ; М-во трансп. Российской Федерации, Федеральное агентство ж.-д. трансп., Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Дальневосточный гос. ун-т путей сообщ.". – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2011. – ISBN 978-5-262-00549-9. – EDN QNXUKR.
6. Ерофеев, А. А. Перспективы внедрения интеллектуальных систем управления на железнодорожном транспорте / А. А. Ерофеев, В. В. Голенков // Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов : материалы IV международной научно-практической конференции: в 2-х частях , Гомель, 11–12 октября 2018 года / Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, Белорусская железная дорога, Белорусский государственный университет транспорта; Под общей редакцией Ю.И. Кулаженко. Том Часть 1. – Гомель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет транспорта", 2018. – С. 96-98. – EDN YTDPVZ.
7. Кластерный анализ нарушений безопасности движения поездов по признакам культуры безопасности / Н. О. Бересток, Е. А. Овчинникова, В. А. Кобзев, С.

П. Шумский // Качество. Инновации. Образование. – 2020. – № 3(167). – С. 55-63. – DOI 10.31145/1999-513x-2020-3-55-63. – EDN IQGXUK.

8. Никашев, А. А. Анализ нарушений безопасности движения поездов по признакам культуры безопасности / А. А. Никашев, Н. О. Бересток // Автоматика, связь, информатика. – 2021. – № 3. – С. 12-13. – EDN QXEESN.

9. Малахова, В. В. Использование алгоритмов искусственного интеллекта для анализа неструктурированных статистических данных / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками. – 2023. – № 8. – С. 88-93. – EDN AXIEHO.

10. Малахова, В. В. Анализ статистических данных с использованием математического аппарата искусственного интеллекта / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2023. – № 11. – С. 177-179. – EDN EADYTE.

УДК 621.436 : 629.424.1

**Анализ направлений повышения долговечности крышек цилиндров тепловозных дизелей**

Рябко К.А.

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

**Аннотация.** В статье проведен комплексный анализ научных исследований и технических решений, направленных на повышение ресурса крышек цилиндров тепловозных дизелей. Рассмотрены основные факторы, ограничивающие их срок службы: термические напряжения, усталостные разрушения, недостаточная эффективность системы охлаждения. Проанализированы преимущества и недостатки различных подходов, включая применение конструкционных материалов (алюминиевые сплавы, высокопрочные чугуны), модификацию конструкции полостей охлаждения, нанесение теплоизоляционных покрытий и использование методов поверхностного упрочнения. Особое внимание уделено математическому моделированию тепловых и напряженно-деформированных состояний крышек цилиндров. На основе проведенного анализа выявлены наиболее перспективные направления для дальнейших исследований, ориентированные на продление срока службы крышек цилиндров дизелей тепловозов.

**Ключевые слова:** тепловозный дизель, крышка цилиндра, долговечность, термические напряжения, система охлаждения, метод конечных элементов, усталостное разрушение, математическое моделирование.

**Annotation.** This article provides a comprehensive analysis of scientific research and technical solutions aimed at increasing the service life of diesel locomotive cylinder heads. The main factors limiting their service life are considered: thermal stress, fatigue failure, and insufficient cooling system efficiency. The advantages and disadvantages of various approaches are analyzed, including the use of structural materials (aluminum alloys, ductile irons), modified cooling cavity designs, the application of thermal insulation coatings, and surface hardening methods. Particular attention is paid to the mathematical modeling of the thermal and stress-strain states of cylinder heads. Based on the analysis, the most promising areas for further research aimed at extending the service life of diesel locomotive cylinder heads are identified.

**Keywords:** diesel locomotive, cylinder head, durability, thermal stresses, cooling system, finite element method, fatigue failure, mathematical modeling.

Надежность автономного тягового подвижного состава является одной из ключевых задач локомотивного хозяйства. Безотказная работа тепловозного дизеля в значительной степени определяется исправностью и ресурсом деталей цилиндропоршневой группы, среди которых крышка цилиндра выделяется как одна из наиболее нагруженных и сложных в конструктивном отношении деталей. Находясь в зоне воздействия высоких температур газов и значительных механических нагрузок, крышка цилиндра подвергается циклическим термическим и механическим воздействиям, приводящим к возникновению усталостных трещин, пластических деформаций и, в конечном счете, к выходу из строя.

Проблема повышения ресурса крышек цилиндров тепловозных дизелей, в частности, широко распространенного типа Д49, остается достаточно актуальной в связи со значительным парком эксплуатируемых машин и высокими экономическими затратами на их ремонт и замену. Данной проблеме посвящены труды многих отечественных и зарубежных ученых, таких как Н.Д. Чайнов, В.В. Грачев, И.А. Ролле, С.П. Мягков, Н.С. Маластовский, Р.М. Рафиков и других. Целью настоящей статьи является систематизация и углубленный анализ существующих научных подходов к решению данной проблемы, а также оценка их применимости для эксплуатационных условий тепловозных дизелей.

Выполним анализ влияния материала и теплового состояния на долговечность крышек цилиндров. Как показано в работе И.А. Ролле [1], основной причиной выхода из строя крышек цилиндров являются особенности их конструкции и термическая усталость материала. Тепловое состояние крышки характеризуется значительной неравномерностью, особенно в зоне межклапанной перемычки выпускных клапанов и у стакана форсунки.

Распределение температурного поля  $T(x,y,z)$  в теле крышки описывается нестационарным уравнением теплопроводности Фурье с граничными условиями третьего рода:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right),$$

где  $\rho$  – плотность материала;  
 $c$  – удельная теплоемкость;  
 $\lambda$  – коэффициент теплопроводности;  
 $\tau$  – время.

Границные условия со стороны камеры сгорания задаются плотностью теплового потока  $q_\tau$ , а со стороны системы охлаждения – условием конвективного теплообмена:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n}|_{\Gamma} = \alpha(T_w - T_{ж}),$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи;  
 $T_w$  – температура стенки;  
 $T_{ж}$  – температура охлаждающей жидкости;  
 $\Gamma$  – граница расчетной области.

Экспериментальные исследования [1-4] позволили сравнить поведение крышек цилиндров из различных материалов: серого чугуна СЧ35, высокопрочного чугуна ВЧ50 и алюминиевых сплавов АК-4 и АЛ25. Установлено, что наибольшая неравномерность температур наблюдается в огневом днище из высокопрочного чугуна. В то же время, алюминиевые сплавы демонстрируют температуру на 50...60% ниже, однако

сопровождаются повышенным (на 11...15%) отводом теплоты, что негативно сказывается на индикаторном КПД дизеля.

Критерием долговечности при циклическом нагружении является запас усталостной прочности:

$$n_d = \frac{N_{np}}{N_p},$$

где  $N_{np}$  – число циклов до разрушения материала;

$N_p$  – расчетное число циклов нагружения за срок службы.

Важным фактором является явление релаксации напряжений и эффект Баушингера, приводящий к «обратному упрочнению» материала в «холодной» части цикла. Это явление наиболее выражено у пластичных материалов, таких как алюминиевые сплавы, что объясняет их наибольшую долговечность по сравнению с хрупкими чугунами [1].

Таким образом, температурная напряженность является ключевым фактором, определяющим долговечность цилиндровых крышек тепловозных дизелей. Рассмотрим методы оценки и прогнозирования остаточных напряжений и долговечности, а также направления продления срока службы крышек цилиндров тепловозных дизелей.

Выполним анализ методов оценки и прогнозирования остаточных напряжений и долговечности. Для оценки долговечности крышек цилиндров тепловозных дизелей необходима комплексная методика, учитывающая накопление повреждений при циклическом нагружении. В работах Н.Д. Чайнова и С.П. Мягкова [5-7] для этого используется метод конечных элементов в программных комплексах типа CosmosWorks.

Напряженно-деформированное состояние (НДС) рассчитывается путем решения системы уравнений:

$$[K]\{u\} = \{F\},$$

где  $[K]$  – глобальная матрица жесткости системы;

$\{u\}$  – вектор узловых перемещений;

$\{F\}$  – вектор узловых сил, включающий термические нагрузки.

Для учета пластических деформаций и релаксации напряжений используется теория пластического течения. Остаточные напряжения  $\sigma_r$  после снятия нагрузки определяются разностью между полными  $\sigma_t$  и упругими  $\sigma_e$  напряжениями:

$$\sigma_r = \sigma_t - \sigma_e.$$

Подсчет числа циклов нагружения  $N_p$  в эксплуатации осуществляется методом хронометрирования и последующей обработки диаграмм нагрузок методом «дождя», что позволяет перейти от случайного процесса нагружения к эквивалентному циклическому.

Недостатком многих существующих моделей является отсутствие учета эксплуатационных факторов, таких как образование отложений в системе охлаждения, неисправности топливной аппаратуры и системы наддува, которые резко интенсифицируют тепловую нагрузку. Следует отметить, что установление влияния эксплуатационных факторов на срок службы крышек цилиндров тепловозных дизелей требует значительного количества статистических данных отказов из разных локомотивных депо полигона ОАО «РЖД» и других промышленных предприятий. Также следует отметить, что в большинстве случаев не указываются причины выхода из

строя крышки цилиндра и характер её разрушения, что усложняет оценку эксплуатационных факторов.

Таким образом, целесообразно разработать комплекс мероприятий, направленных на повышение долговечности цилиндровых крышек без учета особенностей эксплуатации конкретной машины.

Рассмотрим перспективные технологические методы повышения прочности крышек цилиндров тепловозных дизелей типа Д49. Учитывая, что конструктивные и режимные мероприятия повышения усталостной прочности крышек цилиндров, требуют значительных капитальных вложений или существенного изменения конструкции, целесообразным будет анализ и применение существующих технологических методов повышения усталостной прочности.

Эффективность работы системы охлаждения напрямую определяет тепловое состояние крышек цилиндров тепловозного дизеля. Как отмечено в работах Н.Д. Чайнова [6] и А.А. Жилина [8], основной задачей является устранение застойных зон и интенсификация теплообмена в наиболее нагруженных зонах.

Экспериментальные исследования с использованием метода взвешенных частиц [6, 7] позволили визуализировать поток и выявить застойные зоны. Было установлено, что изменение направления подвода жидкости (например, с вертикального на горизонтальный) позволяет перераспределить поток, увеличить локальные скорости и снизить температуру в межклапанной перемычке в среднем на 10 °С.

Метод, предложенный А.А. Жилиным [8] для расчета сложных гидравлических цепей системы охлаждения, основан на применении первого и второго законов Кирхгофа, что позволяет определить потокораспределение между параллельными полостями охлаждения и оптимизировать их геометрию на этапе проектирования.

В работе Р.М. Рафикова [9] предлагается использовать метод поверхностного пластического деформирования, в частности, гидродробеструйное упрочнение.

Данный метод позволяет создать в поверхностном слое детали остаточные напряжения сжатия  $\sigma_c$ , которые повышают предел выносливости  $\sigma_{-1}$  по формуле:

$$\sigma'_{-1} = \sigma_{-1} + \psi \sigma_c,$$

где  $\psi$  – коэффициент, учитывающий эффективность технологии.

Это замедляет зарождение и развитие усталостных микротрещин. Однако, как отмечено в работе, нарушение режимов поверхностного пластического деформирования может привести к явлению перенаклена и резкому снижению эксплуатационных свойств.

Другим перспективным направлением является нанесение теплоизоляционных покрытий (например, на основе окислов циркония) методом плазменного напыления [9]. Такое покрытие, обладая низким коэффициентом теплопроводности, создает термический барьер  $\Delta T$ , снижая тепловой поток в тело крышки:

$$q = \frac{T_g - T_w}{\frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta_{пок}}{\lambda_{пок}} + \frac{1}{\alpha_{Ж}}},$$

где  $\delta_{пок}$  и  $\lambda_{пок}$  – толщина и теплопроводность покрытия соответственно.

Проведенный анализ позволил систематизировать основные научно-технические подходы к повышению долговечности крышек цилиндров тепловозных дизелей.

Установлено, что наибольший потенциал для повышения ресурса новых дизелей заложен в применении алюминиевых сплавов и оптимизации геометрии системы

охлаждения на этапе проектирования с использованием современных методов моделирования.

Для эксплуатируемого парка дизелей Д49, где кардинальное изменение конструкции невозможно, наиболее реалистичными являются технологические методы: модернизация системы охлаждения (например, изменение подвода жидкости или применение дополнительного водяного насоса, работающего после номинальных нагрузок), нанесение теплоизоляционных покрытий и поверхностное упрочнение критических зон (межклапанная перемычка).

Для точного прогнозирования остаточного ресурса необходима разработка усовершенствованных математических моделей, учитывающих реальные эксплуатационные режимы, образование отложений и кинетику накопления повреждений.

Дальнейшие исследования должны быть сфокусированы на создании адаптированных для условий локомотивного депо методик диагностики и прогноза остаточного ресурса крышек цилиндров, что позволит перейти от планово-предупредительных ремонтов к ремонтам по фактическому состоянию.

#### Библиографический список

1. Ролле, И. А. Повышение ресурса крышек цилиндров тепловозных дизелей: специальность 05.22.07 "Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ролле Игорь Александрович. – Санкт-Петербург, 2006. – 130 с. – EDN NOHVIL.
2. Мягков, С. П. Повышение прочностной надежности крышек цилиндров транспортных дизелей : специальность 05.04.02 "Тепловые двигатели", 01.02.06 "Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Мягков Сергей Петрович. – Москва, 2009. – 16 с. – EDN QGRMML.
3. Сиротенко, И. В. О надежности работы теплонапряженных узлов тепловозного дизеля в реальных условиях эксплуатации / И. В. Сиротенко, Е. Е. Коссов // Наука 1520 ВНИИЖТ: Загляни за горизонт : Сборник материалов научно-практической конференции АО «ВНИИЖТ», Щербинка, 26–27 августа 2021 года. – Щербинка: АО "ВНИИЖТ", 2021. – С. 171-174. – EDN QKTQGB.
4. Сиротенко, И. В. К вопросу повышения надежности крышки цилиндра тепловозного дизеля / И. В. Сиротенко, Е. Е. Коссов // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2020. – Т. 79, № 1. – С. 39-47. – DOI 10.21780/2223-9731-2020-79-1-39-47. – EDN EWZDZT.
5. Математическое моделирование напряженно деформируемого состояния крышки цилиндра форсированного дизеля / Н. Д. Чайнов, М. И. Раенко, С. П. Мягков, В. А. Рыжов // Грузовик. – 2008. – № 3. – С. 32-35. – EDN ONGZQZ.
6. Чайнов, Н. Д. Моделирование теплообмена на охлаждаемых поверхностях крышек цилиндров двигателей / Н. Д. Чайнов, Л. Л. Мягков, Н. С. Маластановский // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2011. – № 10. – С. 52-56. – EDN OJDQRP.
7. Чайнов, Н. Д. Методика расчета согласованных температурных полей крышки цилиндра с клапанами / Н. Д. Чайнов, Л. Л. Мягков, Н. С. Маластановский // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. – 2012. – № 10(10). – С. 9. – EDN QOQXCD.

8. Жилин, А. А. Моделирование течения жидкости в полости охлаждения дизельного двигателя / А. А. Жилин, А. В. Жаров // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2009. – № 1. – С. 176-181. – EDN REKTTF.

9. Рафиков, Р. М. Повышение эксплуатационной надежности цилиндровых крышек высокогорсированных дизелей технологическими методами : специальность 05.02.13 "Машины, агрегаты и процессы (по отраслям)" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Рафиков Ринат Мубинович. – Саратов, 2005. – 145 с. – EDN NNEFVN.

УДК 662.7

**Исследование природных соединений для ускорения реакции переэтерификации при производстве биотоплива**

Сафонов А.О., Пашинов А.П., Селиванов К.В.

*ВУНЦ ВВС ВВА*

*Аннотация.* Биотопливо, произведенное из растительных масел, является альтернативой нефтяному топливу. В исследовании было получено биотопливо из масла подсолнечника и метанола с использованием природного кальциевого катализатора в реакторе с механическим перемешиванием реагентов. Изучалось влияние на выход биотоплива нескольких условий, а именно, мольного соотношения метилового спирта, времени и доли катализатора при неизменной температуре реакционной смеси. Наибольший выход биотоплива составил около 98% при заданных в экспериментах условиях.

*Ключевые слова:* биотопливо, катализатор, природный, спирт, сырье.

*Abstract.* Biofuel produced from vegetable oils is an alternative to petroleum fuel. Biofuel was obtained from sunflower oil and methanol using a natural calcium catalyst in a reactor with mechanical mixing of the reactants. The influence of several conditions on biofuel yield was studied, namely, the molar ratio of methyl alcohol, time, and the proportion of catalyst at a constant temperature of the standard mixture. The maximum biofuel yield was approximately 98% under the experimental conditions.

*Keywords:* biofuel, catalyst, natural, alcohol, feedstock.

Снижение запасов полезных ископаемых и рост потребления энергоносителей являются важной глобальной проблемой. Производство биотоплива, как возобновляемого энергоносителя, может в значительной мере способствовать решению этой проблемы. Биодизельное топливо является реальным альтернативным источником энергии благодаря таким свойствам, как высокая степень биоразлагаемости, низкая токсичность и отсутствие в выбросах примесей серы [1].

Биотопливо представляет собой метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК) и может производится путем реакции переэтерификации из растительного масла в присутствии катализатора и спирта. Общее уравнение реакции переэтерификации имеет вид [1].

Для проведения указанной реакции можно применять различные виды спиртов, например, метиловый, этиловый, или бутиловый. Метанол гораздо предпочтительнее, потому что это относительно недорогой спирт. Его расход в реакции переэтерификации меньше из-за сравнительно низкой молекулярной массы [2].

Сейчас в технологиях производства биотоплива преимущественно используются гомогенные щелочные катализаторы, например, гидроксид натрия NaOH [3]. Этот

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

катализатор имеет много достоинств, например, высокую химическую активность, высокий процентный выход биотоплива в течение 1 часа при атмосферном давлении и температуре от 40 до 70°C. Однако, применение гомогенного катализатора характеризуется рядом недостатков. Удаление катализатора по окончании процесса имеет технические проблемы, образуются значительные объемы сточных вод.

Гетерогенный катализатор с оксидом кальция CaO лишен указанных недостатков, а также сравнительно дешевле [4]. Однако кальциевый катализатор имеет меньшую каталитическую активность, чем гидроксид натрия по причине меньшей степени растворимости в реакционной среде. По результатам предварительных испытаний оказалось, что скорость реакции при использовании CaO почти в 2 раза меньше, чем при использовании едкого натра NaOH [5].

Целью проведенного экспериментального исследования было определение возможности промышленного использования гетерогенного кальциевого катализатора для производства транспортного биотоплива. Для этого был составлен активный план проведения экспериментов. Также учитывалось изменение условий переэтерификации и их влияние на полезный выход готовой продукции для определения оптимальных значений режимов и условий кинетики процесса.

Для проведения экспериментов использовалось растительное масло из семян подсолнечника с характеристиками, представленными в таблице 1. С целью получения заданного катализатора применялась гашеная известь тонкого помола с чистотой выше 90%. Известь подвергалась прокаливанию при атмосферном давлении в муфельной печи при постоянной температуре 850 °C в течение 2,5 часов для образования активного кальциевого катализатора CaO. В качестве реагента для переэтерификации использовался метиловый спирт с чистотой 98,96 %.

Таблица 1 – Характеристики подсолнечного масла

№	Характеристики подсолнечного масла	Значение
1.	Плотность при температуре 15 °C, кг/м <sup>3</sup>	0,912
2.	Кинематическая вязкость при температуре 40 °C, мм <sup>2</sup> /с	33
3.	Кислотное число, мг КОН	0,24
4.	Содержание свободных жирных кислот, %	0,085
5.	Молекулярная масса, г/моль	883

Далее представим методологическую схему проведения процесса переэтерификации. Экспериментальные исследования осуществлялись в герметичном сосуде (реакторе) периодического действия из нержавеющей стали общим объемом 1,25 л, установленном на нагревательном плоском элементе с постоянной температурой 60°. Рабочее лопасть для перемешивания реагентов представляла собой радиально вращающееся колесо диаметром 45 мм. Частота вращения колеса составляла 600 мин<sup>-1</sup>.

Таблица 2 – Диапазоны режимных параметров при проведении исследований

№	Наименование режимного параметра	Минимальное значение	Среднее значение	Максимальное значение
1.	Мольное соотношение масло/спирт M	4	8	12
2.	Время реакции переэтерификации t, ч	0,5	1,5	2,5
3.	Доля катализатора CaO (K <sub>CaO</sub> ), %	2	6	10

Диапазоны режимных параметров при проведении экспериментальных исследований, приведены в таблице 2.

Средние значения переменных процесса, представленные в таблице 2, были определены по результатам обзора российской и зарубежной научно-практической литературы по процессам переэтерификации растительного масла.

Процедура проведения экспериментов состояла в следующем:

1. Добавление в сосуд 500 мл (456 г) масла и его нагрев на плоской элементе до достижения постоянной температуры реакции 60°C.

2. Смешивание заданного объема метилового спирта и кальциевого катализатора в лабораторной колбе. Перелив в реактор с постоянным механическим перемешиванием.

3. После заданного времени переэтерификации реакционную смесь наливают в цилиндрический сосуд объемом 1000 мл для отстаивания.

4. Выпаривание избытка метилового спирта.

5. Фильтрование верхнего слоя, содержащего биотопливо в вакууме с помощью воронки Бюхнера, конической колбы и фильтровальной бумаги.

6. Высушивание при постоянной температуре 80°C в течение 6 часов с целью удаления спирта и воды.

7. Обезвоживание нижнего слоя, содержащего глицерин при постоянной температуре 100°C для удаления избытка воды.

8. Измерение кинематической вязкости полученного биотоплива с помощью вискозиметра.

9. Определение качества глицерина.

При исследовании условий переэтерификации и определении влияния режимных параметров процесса на выход биотоплива применялось программное обеспечение Statistica с выбором центрального композитного плана активных экспериментов. В качестве режимных параметров процесса переэтерификации были выбраны следующие показатели: молярное соотношение спирта к маслу M, время реакции переэтификации t и доля катализатора K<sub>CaO</sub>. Выходной величиной является полезный выход биотоплива V.

Для выполнения полнофакторного центрального плана, представленного в таблице 3, при трех независимых режимных параметрах требуется проведение в общем количестве 20 экспериментов. При разработке модели поверхности отклика в виде уравнения второго порядка для условий каждого эксперимента были определены полезные выходы биотоплива V для каждого эксперимента, проведенного согласно представленному плану.

Таблица 3 – Полнофакторный план экспериментов

№	M	t	K <sub>CaO</sub>	V, %
1.	-1	-1	-1	44,01
2.	+1	-1	-1	55,65
3.	-1	+1	-1	74,55
4.	+1	+1	-1	89,25
5.	-1	-1	+1	56,71
6.	+1	-1	+1	72,45
7.	-1	+1	+1	88,21
8.	+1	+1	+1	97,11
9.	-1	0	0	61,95
10.	+1	0	0	85,05

11.	0	-1	0	36,75
12.	0	+1	0	96,62
13.	0	0	-1	69,33
14.	0	0	+1	89,25
15.	0	0	0	82,95
16.	0	0	0	85,05
17.	0	0	0	81,89
18.	0	0	0	87,15
19.	0	0	0	86,11
20.	0	0	0	80,85

Полученные данные экспериментов по получению биотоплива были проанализированы с использованием метода поверхности отклика. В результате было получено полиномиальное уравнение второго порядка для расчета полезного выхода биотоплива, выраженное функцией трех режимных параметров, а именно: соотношения метанола к растительному маслу, времени переэтерификации и количества кальциевого катализатора.

Дисперсионный анализ полученной зависимости с отбрасыванием незначимых членов уравнения позволил получить эмпирическую формулу с коэффициентами корреляции 0,9826 и стандартными отклонениями не более 2,71 %.

$$V = -102,1 + 14,1M + 81,8t + 7,01KCaO - 0,7R^2 - 17,64t^2 - 0,35KCaO^2, \% \quad (1)$$

В результате проведенной оптимизации были определены режимные параметры, дающие наибольший полезный выход биотоплива. При установлении мольного соотношения  $M = 12$ , времени реакции переэтерификации  $t = 2,5$  ч и количества кальциевого катализатора  $CaO$  ( $KCaO$ ) = 10 % обеспечивается наибольший полезный выход готового биотоплива, равный 97,11 %. Также заслуживает внимания анализ влияние двух режимных параметров: мольного соотношения масло/спирт и времени протекания реакции на выход биотоплива при различных значениях количества катализатора. Так при максимальных уровнях мольного соотношения и времени реакции и минимальном уровне количества кальциевого катализатора можно наблюдать достаточно высокий полезный выход биотоплива близкий к 90 %.

Таким образом, по результатам проведенной научно–исследовательской работы можно сделать следующие основные выводы. Кальциевый гетерогенный катализатор  $CaO$  может эффективно использоваться для реакции переэтерификации растительного масла в промышленных масштабах. Использованный метод анализа поверхности отклика хорошо зарекомендовал себя для математического моделирования процесса переэтерификации. Подтверждением этого служит полученное уравнение второго порядка, описывающее реальный процесс с достаточно высоким уровнем точности. При этом расхождение экспериментальных и расчетных значений по всей серии экспериментов не превышало 3,2 %.

Также установлено, что варьированием продолжительности реакции переэтерификации можно достигать изменения полезного выхода биотоплива на 60%. Это варьирование полезного выхода наблюдалось в исследуемом диапазоне. При этом, увеличение полезного выхода ориентировочно на 25% отмечено в диапазоне как молярного соотношения масло/метанол, так и количества кальциевого катализатора.

Отмечается, что оптимальные условия проведения процесса наблюдались при мольное соотношение масла/спирта  $M = 12$ , времени реакции переэтерификации  $t = 2,5$  ч и количестве кальциевого катализатора  $\text{CaO} (\text{KCaO}) = 10\%$ . При указанных условиях был наивысший полезный выход готового биотоплива, равный 97,11 %.

В этой связи кальциевый катализатор целесообразно рассматривать для разработки промышленных процессов производства биотоплива из растительного масла различных масличных культур.

#### Библиографический список

1. Bountly H. Effects of alcohol and different catalyst usage on biofuel production from vegetable oils / H. Bountly, N. Fenton // Energy and Fuels. 2017. №14. P. 248–260.
2. Сафонов А.О. Анализ применения гетерогенных кислотных катализаторов при производстве биотоплива / А.О. Сафонов // Южно-Сибирский научный вестник. 2024. №3. С. 10–16.
3. Cane A. Current advances in calcium catalysis sustainable biodiesel production from sunflow oil / A. Cane, B. Wang, L. Mirrow, F. Peng, J. Garret // Journal of the Energy. 2016. №5. P. 415–421.
4. Сафонов А.О. Оценка использования щелочных катализаторов для производства биодизельного топлива / А.О. Сафонов // Южно-Сибирский научный вестник. 2023. №6(52). С. 65–71.
5. Сафонов А.О. Моделирование процесса смещивания сырья и катализатора при производстве/ А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев // Моделирование энергоинформационных процессов / Сборник статей XII национальной научно-практической конференции с международным участием (26–28.12.2023). Воронеж. гос. ун–т инж. технол. Воронеж: ВГУИТ. 2024. С. 407–414.

УДК 662.7

**Разработка нового способа обработки сырья для производства биотоплива**  
Сафонов А.О.  
ВУНЦ ВВС ВВА

**Аннотация.** Ионные жидкости все чаще применяются в виде растворителей во многих процессах переработки биомассы благодаря их «зеленым» характеристикам, а также регулируемым физико-химическим и биологическим показателям. Обычно процесс состоит из предварительной обработки ионными жидкостями с дальнейшим ферментативным гидролизом биомассы. Предложен другой метод, в котором осуществлялась одновременное предварительное воздействие с осахариванием биомассы в ионных жидкостях.

Методы с ионными жидкостями исключают необходимость обработки регенерированной биомассы и дают возможность простого осахаривания целлюлозного сырья, что перспективно для создания интегрированных биологических процессов.

**Ключевые слова:** активность, биомасса, ионный, жидкость, лигноцеллюлозный, фермент, целлюлоза.

**Abstract.** Ionic liquids are increasingly being used as solvents in many biomass processing processes due to their «green» properties and adjustable physicochemical and biological parameters. Typically, the process consists of pretreatment with ionic liquids followed by enzymatic hydrolysis of the biomass. Another method has been proposed that combines pretreatment with saccharification of the biomass in ionic liquids.

Ionic liquid methods eliminate the need for processing regenerated biomass and enable simple saccharification of cellulosic feedstock, which holds promise for the development of integrated biological processes.

*Keywords:* activity, biomass, ionic, liquid, lignocellulosic, enzyme, cellulose.

В настоящее время имеется несколько важных показателей, которые следует учитывать при применении ионных веществ для растворения и гидролиза биомассы растительного происхождения, а именно: низкая вязкость, химическая стабильность, низкая температура процесса, не токсичность для ферментов, легкость восстановления и переработки, относительная дешевизна. Все чаще ионные вещества становятся настоящим прорывом в экологически чистых технологиях. Они представляют собой расплавленные соли, которые состоят из ионов и находятся в легкоплавком жидкому состоянии [1].

Ионные вещества, как правило, плавятся при температуре около 100 -120 °С [2]. Они имеют несколько интересных свойств для промышленного применения в дополнение к возможности растворять лигнин и органические углеводы [3]. Так, например, химические реакции можно осуществляться в мягких условиях, также эти вещества можно применять повторно [4].

Ионные вещества обеспечивают обработку целлюлозы природного происхождения, без токсичных выделений. Они являются перспективными из-за возможности регулирования как физических, так и химических показателей в соответствии с заданными условиями [5]. Процесс растворения заключается в физическом контакте растворителя и растворяемого вещества. При этом можно управлять природой компонентов и физическими свойствами, например, вязкостью ионного вещества и температурой проводимой обработки. Ферментативный гидролиз целлюлозы управляет как адсорбцией используемых ферментов на целлюлозе, так и образованием соответствующих соединений фермент-субстрат. Эти два пути химического взаимодействия характеризуются несколькими факторами, обусловленными ферментами и субстратами [6].

Показатели, обусловленные ферментами, заключаются в ингибиции целлобиозой и D-глюкозой, достаточную термическую стабильность, заданную адсорбцию. Показатели, обусловленные субстратом, характеризуются содержанием гемицеллюлозы и лигнина, кристалличностью имеющейся целлюлозы, высокой полимеризацией.

По причине того, что целлюлоза, полученная с использованием ионных веществ, значительно менее кристаллична, чем исходное сырье, она поддается быстрому ферментативному расщеплению путем гидролиза. При этом обработанная указанным методом целлюлоза более доступна для переработки в целлюлазу. В процессах обработки лигноцеллюлозного сырья целлюлоза, а также гемицеллюлоза преимущественно гидролизуются до мономеров сахаров и затем может превращаться в процессе ферментации в различные спирты, метан или чистый водород [7].

Мы сопоставили использование разбавленной кислоты и ионных веществ для обработки биомассы. Было отмечено, что при обработке древесного сырья наблюдалось уменьшение кристалличности целлюлозы и существенное повышение площади поверхности со значительным уменьшением содержания лигнина.

Также установлено, что 10 часов дальнейшего гидролиза привело к получению 90% осахаривания по сравнению с обработкой разбавленной кислотой, которой требовалось 70 часов для достижения 75% осахаривания. В экспериментальном исследовании определения оптимального ионного вещества для обработки свекловичного жома были исследованы пять ионных веществ, а именно: 1-бутил-3-

метил хлора, 1-этил-3-метил ацетат, 1-аллил-3-метил хлора, 1-бутил-3-метили трифторметилсульфонил, этилсульфат 1-этил-3-гидроксиметил пиридина.

Среди всех исследованных соединений был выбран 1-этил-3-метил ацетат, поскольку он в значительной мере повысил ферментативное осахаривание свекловичного жома и обеспечил выход 99,1 % глюкозы после предварительной обработки при температуре 115°C в течение 1 часа. Это соединение является наиболее оптимальным ионным веществом для обработки лигноцеллюлозной биомассы. Измельченная древесина сосны и пшеничная солома полностью растворились через 0,5 часа при температуре 120 °C. Дальнейший гидролиз в течение 1 суток позволил получить 83% глюкозы для измельченной древесины сосны и 92% для пшеничной соломы.

Использование этого соединения дает возможность растворять древесные вещества, а также оно совместимо с применяемыми ферментами. Этот метод дает возможность отделить целлюлозные компоненты от всей биомассы в ионной водной среде. В дальнейшем эффективность делигнификации сырья древесины, обработанной ионным веществом, была интенсифицирована в присутствии его 2,0 мас.% в водной среде, где целлюлоза не подвергалась структурным изменениям.

Отмечено, что набухание клеточных стенок биомассы происходит при обработке ионным веществом по причине разрыва части связей между основными компонентами древесины. После обработки некоторые доли гемицеллюлозы и лигнина были растворены, что привело к уменьшению их содержания в древесном сырье.

Таким образом, древесное сырье после обработки ионными веществами имели заметно более высокое содержание целлюлозы по отношению к необработанному сырью по причине удаления компонентов гемицеллюлозы, а также лигнина и воды во время предварительной обработки. Процентное содержание целлюлозы в обработанных волокнах составляло около 73%, а содержание оставшегося лигнина около 10%, что значительно меньше содержания лигнина более 29,3% в необработанной биомассе древесины. Волокна целлюлозы после обработки стали иметь более высокий процент кристалличности целлюлозы, а также заметно лучшую термическую стабильность по отношению с необработанным древесным и соломенным сырьем.

Применение ионных веществ повышает общую экологичность процесса и дает возможность получения биотоплива с более высокими экологическими показателями. Исследуемый метод имеет хорошую перспективу для дальнейшего создания промышленных процессов получения жидких энергоносителей из биомассы растительного происхождения со сравнительно низкими производственными затратами при низком уровне негативного воздействия на окружающую среду.

#### Библиографический список

1. Bilow V., Miller K., Sorby A. Synthesis catalysis of imidazolium low-temperature ionic liquids for exploring green chemistry in undergraduate organic chemistry laboratory // Journal Chemistry Education. 2019. №. 6. С. 457–466.
2. Mourizzio, M., Nakakhara B. Recent of advantages of fermentative reactions in ionic bonds // Biochemistry. 2017. №. 5(48). С. 589–597.
3. Wang W., Gilhuo D. Pretreatment working of sugarcane bagasse with acid and ionic liquid for hydrolysis and biofuel production // Bioresource Technology. 2021. №. 11. С. 47–51.
4. Ming T., Tanaki F., Nagano S. Lignin extraction from willow straw from liquids and hydrolysis of the cellulosic wastes // Agriculture Chemistry. 2011. №. 4. С. 884–897.
5. Watlovski R., Sapear G., Holney J., Vogers R.D. Dissolution of cellose cells with ionic liquids // J. Am. Chemistry Science. 2022. №. 6(127). С. 13–16.

6. Сафонов А.О. Определение эффективных способов предварительной обработки сырья для повышения показателей технологий производства биотоплива // Альтернативная энергетика. 2025. №2 (17). С. 125–129.

7. Исследование химического воздействия на лигноцеллюлозные соединения для повышения полезного выхода биотоплива // Альтернативная энергетика. 2025. №2 (17). С. 130–134.

УДК 662.7

**Изучение возможности использования отходов пищевой промышленности для получения жидкого энергоносителя**

Сафонов А.О., Пашинов А.П., Селиванов К.В.

*ВУНЦ ВВС ВВА*

**Аннотация.** Производство биодизельного топлива из пищевого сырья подвергается критике по причине конфликта с изготовлением продуктов питания при перепрофилировании пахотных земель. Для решения этой проблемы целесообразно определить непищевое сырье, например, животный жир, отработанное растительное масло, другие отходы агропромышленного комплекса, которые представляют собой альтернативные источники для производства энергоносителей.

**Ключевые слова:** биотопливо, масло, производство, растительный, продукт, сырье, топливо.

**Abstract.** Biodiesel production from food-grade feedstocks has been criticized due to conflicts with food production during the conversion of arable land. To address this issue, it would be helpful to identify non-food feedstocks, such as animal fat, waste vegetable oil, and other agricultural waste, as alternative sources for energy production.

**Keywords:** biofuel, oil, production, plant, product, raw material, fuel.

Учитывая современное мировое потребление ископаемой нефти, ее ресурсы будут доступны в течение относительно короткого периода времени. При этом сжигание нефти, природного газа, каменного угля приводит к большим выбросам парниковых газов, что способствует необратимому изменению климата. В связи с этим устойчивая альтернативная энергетика, основанная на использовании возобновляемого сырья, имеет значительную перспективу [1].

Сейчас биотопливо является основной прямой заменой нефтяного топлива, поэтому интерес к этому энергоносителю неуклонно растет в течение последнего десятилетия. Использование различных видов биотоплива сокращает образование парниковых газов и других вредных веществ [2]. Также разработка технологий производства биодизельного топлива может предоставить дополнительные возможности для регионального развития, особенно в сельских и труднодоступных районах.

Известно, что сырьем для получения биодизельного топлива служат растительные масла, производимые из растений, употребляемых в пищу, таких как подсолнечник, рапс, пальма и других агропромышленных культур. Конечно, производство топлива из пищевого сырья может вызывать в ближайшей перспективе серьезные трудности реализации продовольственных программ.

В частности, в последнее время многие общественные движения и научно-исследовательские организации не безосновательно «обвиняли» биотопливо из пищевых источников в том, что оно является причиной заметного повышения цен на рынке

продовольствия. Также снижение плодородия почв из-за активных способов выращивания растений, является доминирующей проблемой, обусловленной получением биотоплива из пищевого растительного масла.

Несмотря на большое количество исследований, проведенных в последние годы, многие разработанные методы получения биотоплива несовершены для промышленных масштабов. Однако ожидается, что они выйдут на топливный рынок в ближайшее время. Рассмотрим основные типы сырья, которые являются отходами АПК и пищевой промышленности. Их в обозримой перспективе можно эффективно использовать для получения биодизельного топлива.

Отработанные после жарки при приготовлении пищи растительные масла с содержанием свободных жирных кислот (СЖК) до 12% масс имеют большой потенциал для использования в виде дешевого сырья для выработки биодизельного топлива. Отработанные отходы масла можно утилизировать путем переработки в мыло в результате омыления, а также дальнейшего применения в виде смазки или гидравлической жидкости. При этом по предварительному экономическому анализу отработанное масло является очень перспективным источником для производства биодизельного топлива.

В 2018 году общий объем отработанных масел, образовавшихся в Европе, США и развитых странах азиатского региона, достиг около 20 млн.тонн [3]. С учетом того, что общий объем полученного биодизельного топлива в виде метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) в 2019 году составил 15 млн.тонн, каждый год происходит повышение спроса примерно на 1,5...2 млн. тонн. Использование отходов отработанного масла в перспективе может удовлетворить потребности в сырье для производства МЭЖК [4]. В этом случае стоимость отработанного масла в 2,5...3 раза ниже, чем не использованных растительных масел. Можно уверенно утверждать, что имеется значительный потенциал существенно уменьшить конечную цену производства биодизельного топлива. Большой объем отработанного масла загрязняет окружающую среду, поэтому его утилизация и переработка в полезные продукты играет очень важную роль в экологическом и экономическом аспектах [5]. Были проведены экспериментальные исследования переэтерификации соевого масла при избытке метилового спирта в кислотных и щелочных условиях. Установлено, что увеличение объема вредных веществ при повышении температуры масла приводит к его непригодности для приготовления пищевых продуктов и подтверждает целесообразность применения этого сырья для производства биотоплива.

Ряд показателей могут влиять на эффективность конверсии отработанных растительных масел в биодизельное топливо, включая состав СЖК и содержание воды. Установлено, что кислотность является достаточно важным показателем при конверсии рассматриваемого вида биотоплива [5]. Повышение температуры масла приводит к повышению содержания СЖК до 10% и оказывает негативное влияние на переэтерификацию в условиях щелочной среды. Реакция омыления СЖК в присутствии щелочного катализатора уменьшает выход биодизельного топлива и снижает разделение МЭЖК, глицерина и воды. Было установлено, что полезный выход биодизельного топлива снижается до 6,5%, когда содержание СЖК увеличивается до 5 % масс. При этом образование мыла повышает вязкость получившихся соединений.

Также проведены исследования гетерогенной переэтерификации отработанных масел для фритюра в присутствии щелочного катализатора. Полезный выход МЭЖК составил около 80 % с использованием катализатора Sr/ZrO<sub>2</sub> и около 87,3 % с использованием CaO, прокаленного при температуре 900°C. Показатели биодизельного топлива соответствовали действующим стандартам. Далее была создана кинетическая модель синтеза биодизельного топлива из отходов масла для фритюра с применением

катализатора CaO. Для исключения омыления при высоком содержании СЖК, проведены эксперименты реакции переэтерификации в присутствии кислотных катализаторов. В частности использовали комплексы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с ZrO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с WO<sub>3</sub> при температуре 200 °C и продолжительности 8 ч, достигнув полезного выхода МЭЖК 85 % и 92% масс. соответственно. Исследования проводили с применением молярного соотношения метилового спирта к маслу 25:1 и 8% катализатора.

В перспективе оптимальным решением для получения биодизельного топлива из отработанного масла с высоким содержанием СЖК, является совместное применение катализатора и ферментов. Также заслуживают внимания результаты научно-практических разработок, включающих использование реактора с переменным потоком, микроволновый реактор, ультразвуковое воздействие, применение сорастворителя и метанола в сверхкритическом состоянии. Указанные методы обладают значительным потенциалом для решения задачи интенсификации массопереноса в присутствии гетерогенного кислотного катализатора в совокупности с ферментами в реакции переэтерификации отработанных растительных масел. Такой подход дает возможность повысить эффективность утилизации масло-жировых отходов АПК с получением востребованных видов энергоносителей.

#### Библиографический список

1. Сафонов А.О. Анализ применения гетерогенных кислотных катализаторов при производстве биотоплива / А.О. Сафонов // Южно-Сибирский научный вестник. 2024. №3. С. 10–16.
2. Сафонов А.О. Определение эффективных способов предварительной обработки сырья для повышения показателей технологий производства биотоплива // Альтернативная энергетика. 2025. №2 (17). С. 125–129.
3. Mitchel L. Biological methods for biodiesel production using wastes of oils / L. Mitchel // Microbiol Biot. 2020. №8 (71). С. 77–82.
4. Gui M. Feasibility of oil non-edible oil waste edible oil as biodiesel / M. Gui, K. Lee // Energy. 2022. №4 (31). С. 207–211.
5. Сафонов А.О. Оценка использования щелочных катализаторов для производства биодизельного топлива / А.О. Сафонов // Южно-Сибирский научный вестник. 2023. №6(52). С. 65–71.

УДК 004.051

#### Проблемы метрологического обеспечения при технологическом развитии

#### Российской Федерации

Спиридов Е.Г<sup>1</sup>., Гальцов И.И<sup>1</sup>., Бутов С.А<sup>2</sup>.

1. ВУНЦ ВВС ВВА

2. Воронежский государственный аграрный университет им. Петра I

**Аннотация.** Рассмотрена роль и место метрологического обеспечения при реализации государственных программ технологического развития и модернизации экономики. Показано, что для их выполнения необходимо проведение многочисленных высокоточных измерений с использованием современных эталонов, применение международных стандартов, норм и правил. Анализ законодательной и нормативно-правовой базы показал, что действующее законодательство не позволяет в полной мере использовать научно-технический потенциал метрологических институтов и ведущих вузов для решения этой задачи.

Для повышения эффективности государственных программ предложена комплексная система метрологического обеспечения, включающая задачи научно-методического, информационно-аналитического, нормативно-правового и организационно-экспертного обеспечения реализации государственных программ.

Ключевые слова: государственные инновационные программы, метрологические индикаторы, нормативно-правовое и информационно-методическое обеспечение.

В большинстве случаев результативность инновационных технологических программ и технических проектов, имеющих стратегическое значение для развития экономики, связана с проведением мероприятий, выполнение которых невозможно без использования современных измерительных технологий. Такие мероприятия включены в 17 государственных программ Российской Федерации по направлениям: инновационное развитие и модернизация экономики, обеспечение национальной безопасности и новое качество жизни [2]. Выполнение этих мероприятий во многом зависит от уровня метрологического обеспечения мероприятий, основанного на целевых метрологических индикаторах, которые позволяют оценить количественные показатели их реализации.

Требования к формированию и реализации мероприятий по метрологическому обеспечению федеральных программ определены в Постановлении Правительства Российской Федерации «О внесении изменений в порядок разработки и реализации федеральных целевых программ и межгосударственных программ, в осуществлении которых участвует Российская Федерация» [3], а также в ряде нормативных документов Росстандарта [6; 7].

Основная цель метрологического обеспечения инновационных государственных программ и крупных высокотехнологичных проектов, реализуемых в их рамках, заключается в обосновании перспективности выбранного направления разработки, подтверждении возможности выполнения запланированных нормативных и метрологических мероприятий, получении достоверных и сопоставимых результатов измерений, контроля и диагностики и, соответственно, исключении принятия необоснованных решений и совершения ошибочных действий на основе недостоверной информации. Требования о необходимости количественного определения значений целевых индикаторов государственных программ, установленные Постановлением Правительства «Об утверждении порядка разработки, реализации и оценке эффективности государственных программ Российской Федерации» [4], обуславливают необходимость введения метрологических показателей, обеспечивающих возможность проверки и подтверждения достижения целей и задач, инновационных программ и достоверности принимаемых решений. В Методических указаниях по разработке, реализации и оценке эффективности государственных программ Российской Федерации [1] подчеркивается, что целевые индикаторы и показатели должны соответствовать требованиями адекватности, точности, объективности, достоверности, однозначности, экономичности и сопоставимости. На этой основе можно сформулировать основные требования к метрологическим индикаторам мероприятий, реализуемых в рамках государственных программ.

Во-первых, они должны содержать измерительную информацию, которая обеспечивает возможность проверки достоверности количественных значений метрологических показателей реализуемых мероприятий, подтверждающих, что погрешности измерений не превышают установленные значения, а определение показателей обеспечивает одинаковое понимание измеряемых характеристик с использованием четких общепринятых определений и единиц измерения.

Во-вторых, значения показателей точности, однозначности и сопоставимости достоверности, характеризующих цели и задачи программ, должны подтверждать возможность выполнения запланированных мероприятий.

Отсутствие или недостаточно четкое обоснование метрологических целевых индикаторов и показателей неизбежно приводит к сложности объективной оценки эффективности реализации инновационных программ, получению искаженного представления о возможных результатах реализации программы и возрастанию риска принятия необоснованных решений [9]. Таким образом, одна из важнейших проблем повышения результативности государственных инновационных программ заключается в необходимости разработки комплексной системы метрологического обеспечения реализуемых мероприятий, включающей обоснование целевых метрологических индикаторов,

нормируемых метрологических характеристик и процедур, выбора средств измерения, контроля и диагностики. Решение этой проблемы возможно на основе разработки и реализации нормативно-правовых, научно-методических, информационно-аналитических и организационно-экспертных механизмов комплексной системы метрологического обеспечения государственных программ Российской Федерации (рис. 1).



Рис. 1. Построение комплексной системы метрологического обеспечения государственных программ Российской Федерации

Одна из причин недостаточного внимания к вопросам метрологического обеспечения заключается в их недооценке специалистами, участвующими в разработке и реализации мероприятий государственных программ. Как правило, это объясняется тем, что эти специалисты не имеют специального метрологического образования и прошли или проходят образовательные программы высшего профессионального образования по направлениям техники и технологии, в которых вопросы метрологического обеспечения рассматриваются в рамках лишь одной общепрофессиональной дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» [9]. В результате они приобретают базовые знания и умения в области обеспечения единства измерений, подтверждения соответствия и стандартизации, которые часто оказываются недостаточными для квалифицированного выполнения работ по формированию и реализации метрологических разделов государственных программ. К сожалению, нужно

признать, что при введении Федеральных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) трудно ожидать, что выпускники вузов, освоившие образовательные программы высшего профессионального образования для не метрологических направлений, смогут получить необходимые компетенции, необходимые для выполнения работ, связанных с метрологическим и нормативным обеспечением современных инновационных научноемких разработок [10]. По-видимому, это является одной из причин невысокого уровня метрологического обеспечения многих дипломных и диссертационных работ. Вопросы назначения нормируемых метрологических характеристик, их обоснования, проведения метрологических процедур и представления их результатов, выбора средств измерений, как правило, не получают в них достаточного освещения. Кроме того, нельзя не принимать во внимание, что в современных условиях, когда резко ускоряются процессы технологического развития и происходят существенные изменения отраслевой структуры экономики, полученные знания обесцениваются вскоре после их получения и требуют непрерывного дальнейшего повышения.

Одним из перспективных путей решения этой задачи является непрерывное повышение квалификации специалистов, работающих в этой сфере. Приоритетность проблемы организации повышения квалификации для инновационного развития экономики определена «Президентской программой повышения квалификации инженерных кадров на 2012-2014 годы» [5]. Цель Президентской программы - кардинально повысить качество кадрового потенциала специалистов отраслей промышленности, имеющих стратегическое значение для экономического развития России, способных решать задачи, необходимые для модернизации и технологического развития России. К таким специалистам относятся работники, принимающие непосредственное участие или привлекаемые к выполнению работ по формированию, оценке и реализации государственных и федеральных программ, комплексных междисциплинарных проектов по приоритетным направлениям модернизации и технологического развития экономики, так как от их компетенции во многом зависит достижение поставленных целей. Для решения этой задачи специалистами Московского государственного университета приборостроения и информатики разработана образовательная программа повышения квалификации «Нормативное и метрологическое обеспечение целевых научно-технических программ и проектов, разрабатываемых по приоритетным направлениям развития экономики России» [9]. Программа рассчитана на руководителей государственных федеральных и муниципальных органов исполнительной власти и надзорных организаций, руководителей и специалистов научных, научно-производственных, производственных и коммерческих предприятий, научно-педагогических кадров высших учебных заведений, принимающих участие в подготовке, экспертизе и реализации государственных и федеральных научно-технических программ и проектов.

Важным инструментом, позволяющим компетентным специалистам квалифицированно выполнять работы по мониторингу, анализу, формализации и экспертизе измерительных технологий, должна стать электронная информационно-аналитическая система. Это связано с тем, что в большинстве случаев успех выполнения программ связан с необходимостью проведения многочисленных высокоточных измерений с использованием самой современной измерительной техники, созданием специальных стендов, эталонов и стандартных образцов, разработкой алгоритмов, программ и методик. Выбор приемлемой измерительной технологии затрудняется тем, что емкость парка только средств измерений и контрольно-измерительных приборов в настоящее время составляет сегодня более 1,5 млрд единиц, номенклатура которых превышает 10000 наименований. Более 4,5 тысяч научных организаций и вузов в России

имеют приборное оборудование для научных исследований стоимостью более 500 миллиардов долларов и ведут научные исследования и технологические разработки новых приборов в рамках научно-технических проектов, осуществляемых в рамках государственных и федеральных программ, отраслевых программ и инициативных проектов. Информация о разрабатываемой, выпускаемой и применяемой на территории России измерительной техники основана на проспектах и каталогах конкретных фирм-изготовителей и поставщиков и носит, как правило, рекламный характер, что не позволяет в должной мере исключить дублирование разработок и проведение инновационной политики в области измерительных технологий.

Анализ отечественного и зарубежного опыта сбора, обработки и представления информации показал, что наиболее эффективным способом получения оперативной и достоверной информации о выпускаемой и эксплуатируемой продукции является электронная информационно-аналитическая система. В России разработан ряд информационных систем каталогизации, в том числе системы каталогизации предметов снабжения Министерства обороны Российской Федерации, информационно-аналитической системы каталогизации научоемких средств измерений, контрольно-испытательного и диагностического оборудования для научных исследований, разработанной специалистами МГУПИ [9]. На основе опыта разработки и эксплуатации информационных систем разработана концепция построения электронной системы каталогизации измерительных технологий, используемых при формировании и реализации государственных и федеральных технологических программ и проектов.

Главная цель разрабатываемой электронной информационно-аналитической системы состоит в обеспечении органов федерального и местного управления оперативной и достоверной аналитической информацией, необходимой для формирования метрологических мероприятий и целевых индикаторов государственных программ, а также в предоставлении научным, образовательным и другим потребителям достоверной информации об изготовителях и нормативных документах, по которым она выпускается. Реализация электронной информационно-аналитической системы каталогизации измерительных технологий позволит решить ряд важнейших задач формирования и реализации государственных и федеральных программ, в том числе:

устранить недостатки, имеющие место в процессе формирования и реализации государственных заказов, когда различными федеральными органами исполнительной власти зачастую осуществляется заказ близких по тематике или просто дублирующих друг друга научных исследований и разработок измерительных технологий;

исключить осуществление заказа измерительных технологий, не соответствующих современным требованиям по качеству и потребительским свойствам;

решить задачу создания единой информационной базы измерительных технологий, что будет способствовать формированию полноценного рынка и привлечению коммерческих структур к инвестициям научных исследований и технологических разработок;

расширить возможности предприятий разработчиков и производителей в кооперации, научно-техническом сотрудничестве, в том числе международном.

Разработка и реализация информационно-аналитической системы позволит исключить заказ продукции, не соответствующий современным метрологическим требованиям, повысить уровень метрологических мероприятий, а также не допустить заказ близких по тематике или просто дублирующих друг друга научных исследований и технологических разработок измерительных технологий.

Другая важная причина, сдерживающая разработку современного метрологического обеспечения мероприятий государственных программ, заключается в том, что действующее законодательство не позволяет в полной мере использовать

научно-технический потенциал научных метрологических институтов Росстандарта и ведущих университетов Минобрнауки России при формировании, экспертизе и реализации метрологических мероприятий и индикаторов. Несмотря на требования ст. 14 п. 1. Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» об обязательной экспертизе содержащихся в проектах нормативных правовых актов Российской Федерации требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений, закрепление Постановлением Правительства Российской Федерации [3] требований о нормативном обеспечении качества продукции (работ, услуг), а также метрологическом обеспечении, включая систему программных мероприятий по стандартизации и метрологии, необходимых для разработки, производства, эксплуатации и утилизации продукции, строительства объектов, организации технологических процессов и других работ, предусмотренных программой, проблема метрологического обеспечения государственных и федеральных технологических программ приобретает все большую актуальность при разработке и реализации государственных программ Российской Федерации [1]. В утвержденных Правительством государственных программах [2],

направленных на модернизацию и технологическое развитие экономики, практически отсутствуют как метрологические мероприятия, так и метрологические индикаторы.

Кардинальным решением этой проблемы должна явиться подготовка нормативно-правового документа, устанавливающего порядок, содержание и организацию работ по разработке и реализации метрологических мероприятий и формированию метрологических индикаторов государственных программ и введение его в действие на федеральном уровне.

Реализация комплексной системы метрологического обеспечения формирования и реализации мероприятий государственных программ позволит не только повысить их результативность и снизить экономический риск за счет исключения выбора недостаточно обоснованных проектов, но и будет способствовать расширению их инвестиционной привлекательности. Однако решение проблем метрологического обеспечения технологического развития, скорее всего, может оказаться невозможным без участия федеральных органов исполнительной власти, ответственных за разработку и реализацию государственных программ Российской Федерации.

#### Список литературы

1. Методические указания по разработке и реализации государственных программ Российской Федерации : утверждены Приказом Министерства экономического развития Российской Федерации от 26 декабря 2012 г. № 817 // Российская газета. Федеральный выпуск. – 2013. - № 39 (6015) от 23 февраля.
2. Перечень государственных программ Российской Федерации в редакции, введенной в действие распоряжением Правительства Российской Федерации от 15.12.2012 года № 2394-р. - URL: <http://programs.gov.ru/Portal/programs/documents> (дата обращения: 10.10.2013).
3. О внесении изменений в порядок разработки и реализации федеральных целевых программ и межгосударственных программ, в осуществлении которых участвует Российская Федерация : Постановление Правительства Российской Федерации от 13.09.1996 г. № 1101. - URL: <http://www.consultant.ru/document/cons.docLAW;n-11634> (дата обращения: 10.10.2013).
4. Об утверждении порядка разработки, реализации и оценке эффективности государственных программ Российской Федерации : Постановление Правительства Российской Федерации от 2 августа 2010 г. № 588. - URL:

<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=139966> (дата обращения: 10.10.2013).

5. Президентская программа повышения квалификации инженерных кадров на 2012-2014 годы : утверждена Указом Президента России от 7 мая 2012 г. N 594. – URL: <http://www.referent.ru/1/198184> (дата обращения: 10.10.2013).

6. ПР50.1.012-97 Правила по стандартизации. Экспертиза и оценка мероприятий по нормативному и метрологическому обеспечению федеральных и иных целевых программ. –М. : ИПК «Издательство стандартов», 1997. - 7 с.

7. ПР50.1011-97 Правила по стандартизации. Формирование и реализация разделов (мероприятий) нормативного и метрологического обеспечения федеральных и иных целевых программ. - М. : ИПК «Издательство стандартов», 1997. - 11 с.

8. Фирстов В.Г., Николаев Ю.Л. Примерная программа дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» // Примерные программы дисциплин цикла ОПД для направлений в области техники и технологии, сельского и рыбного хозяйства : сб. - М. : ИЦ МГТУ Станкин, 2002. - С. 203-216.

9. Фирстов В.Г. Вопросы метрологического обеспечения инновационных научно-технических проектов и программ. – М. : Проблемы гуманитарных и естественных наук. -2013. - № 8. - С. 60-64.

10. Фирстов В.Г. Обеспечение единства образования в области метрологии, стандартизации и сертификации // Приборы. – 2013. - № 8. - С. 57-61

УДК 630.905;503.654

## **Потери нефти и нефтепродуктов на местах базирования авиации при перекачке и хранении**

Спиридонов Е.Г<sup>1</sup>., Матвиец Д.А<sup>1</sup>. Золототрубов Д.Д<sup>1</sup>., Стоянова Н.В<sup>2</sup>.

1. ВУНЦ ВВС ВВА

2.Филиал РГУПС в г. Воронеж

**Аннотация:** Одним из основных видов потерь нефти и нефтепродуктов, полностью не устранимых на современном уровне развития средств транспорта и хранения углеводородов, являются потери от испарения из резервуаров и других емкостей. Ущерб, наносимый потерями углеводородного сырья, состоит не только в уменьшении топливных ресурсов и в стоимости теряемых продуктов, но и в отрицательных экологических последствиях, которые являются результатом загрязнения окружающей среды нефтепродуктами

**Ключевые слова:** нефтепродукты, легкие фракции углеводородов, потери от испарения, снижения потерь

С момента добычи до непосредственного использования нефтепродукты подвергаются более чем 20 перевалкам, при этом 75% потерь происходит от испарений и 25% - от аварий и утечек.

Одним из основных видов потерь нефти и нефтепродуктов, полностью не устранимых на современном уровне развития средств транспорта и хранения углеводородов, являются потери от испарения из резервуаров и других емкостей.

Потери углеводородных грузов от испарения незаметны и на первый взгляд кажутся незначительными. Однако именно испарение при отсутствии технических средств его сокращения является основным источником потерь нефтепродуктов [1, 2, 3].

Выбросы углеводородов происходят от следующих источников выделения:

- из резервуаров для хранения нефтепродуктов;

- из железнодорожных и автоцистерн, сливно-наливных устройств для нефтепродуктов;
- из бензобаков заправляющихся автотракторной техники;
- из аппаратуры и технологического оборудования, расположенных на открытых площадках;
- из помещений, в которых установлены аппараты и технологическое оборудование;
- из прудов-отстойников, нефтеголовушек и других объектов.

Одним из специфических свойств нефти и нефтепродуктов является испаряемость легких фракций углеводородов (ЛФУ) при их хранении. ЛФУ - основная причина технологических потерь ценного сырья и вредных выбросов в окружающую атмосферу. По оценкам отечественных специалистов, в России только за год потери бензина от испарения на нефтебазах составляют более 100 тыс. тонн.

Потери происходят вследствие так называемых «больших и малых дыханий» резервуаров. «Большие дыхания» происходят при вытеснении паровоздушной смеси в окружающую среду в процессе заполнения нефтепродуктами резервуара. При этом объем газового пространства уменьшается. Обратное явление - поступление воздуха в резервуар - отмечается при откачке продукта. Объем такого «большого дыхания» приблизительно соответствует поступившему в резервуар количеству продукта. Потери растут при увеличении числа циклов приема-откачки резервуаров и зависят от климатической зоны. Среднегодовые потери от «больших дыханий» составляют около 0,14% от объема хранимого нефтепродукта.

Потери при «малых дыханиях» вызываются колебаниями температуры окружающей среды. При повышении температуры воздуха в дневное время поверхности резервуара нагреваются, и в результате увеличивается испарение нефтепродуктов, особенно легколетучих фракций. А, следовательно, увеличиваются давление и температура парогазовой смеси в резервуаре. Возрастание давления влечет за собой срабатывание дыхательного клапана и выход паровоздушной смеси в окружающую среду. В ночное время при охлаждении продукта давление смеси снижается, создается частичный вакуум и происходит обратное явление - воздух через впускной клапан поступает в газовое пространство резервуара.

В настоящее время для утилизации (снижения потерь) ЛФУ при хранении нефти и нефтепродуктов применяются различные методы и устройства: газоуравнительные системы, факельное сжигание, мембранные разделение смеси ЛФУ, азотное охлаждение, адсорбция (активированный уголь), абсорбция (нефтяные масла), плавающие крыши, понтоны и т.д. У каждой из перечисленных технологий есть свои достоинства. Общим же недостатком является то, что они не могут гарантированно обеспечить улавливание ЛФУ.

Очевидно, что наиболее эффективными по снижению выбросов в атмосферу паров нефтепродуктов являются установки улавливания легких фракций. В настоящее время существует большое количество таких установок, с различным конструктивным исполнением и принципами работы. При высокой эффективности существующие установки этого типа обладают рядом недостатков: они дорогостоящи, имеют сложное оборудование и систему управления, требуют наличия потребителей сухого газа и т.д.

Поэтому вопрос разработки средств сокращения выбросов паров нефтепродуктов при их хранении на нефтебазах остается открытым. Решение проблемы возможно при широком внедрении современных методов снижения испарения (например, стирлинг-технологии), а также при условии хранения нефтепродуктов в герметичных резервуарах, исключающих выделение загрязняющих веществ в атмосферу.

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Ущерб, наносимый потерями углеводородного сырья, состоит не только в уменьшении топливных ресурсов и в стоимости теряемых продуктов, но и в отрицательных экологических последствиях, которые являются результатом загрязнения окружающей среды нефтепродуктами.

Среди органических соединений, выбрасываемых в атмосферу, содержится достаточно большое число ядовитых веществ. Кроме того, в ходе реакций между оксидами азота и летучими органическими веществами может образовываться тропосферный озон, который по токсичности приравнивают к цианидам. Согласно оценкам специалистов, загрязнение воздуха является причиной почти 15% всех заболеваний населения мира.

По различным экспертным оценкам, выбросы в атмосферу летучих органических соединений только в процессе погрузки и транспортировки нефтяных грузов с мирового танкерного флота составляют от 4-7 миллионов тонн в год.

Всего по различным оценкам в атмосферу планеты ежегодно выбрасывается от 50 до 90 млн тонн углеводородов. Только удельные потери углеводорода за счет их испарения на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) различных стран мира составляют от 1,1 до 1,5 кг на 1 тонну продукта. Первичная переработка нефти в России на 26 НПЗ в 2002 году составила 183,2 млн тонн.

Основная масса «дышащих» резервуаров сосредоточена на нефтепромыслах, нефтеперекачивающих станциях и в резервуарных парках нефтеперерабатывающих заводов и АЗС. На долю резервуарных парков приходится примерно 70% всех потерь нефтепродуктов на НПЗ. Суммарная резервуарная емкость автозаправочных станций превышает 250 млн м<sup>3</sup>. За год через эти мощности реализуется более 130 млн тонн различных нефтепродуктов. Только автозаправочные станции России выбрасывают в атмосферу в течение года более 150 тыс. тонн паров углеводородов.

Такое непрерывное испарение приводит к росту давления внутри грузовых танков танкера и срабатыванию предохранительных клапанов газоотводной системы. Официально рекомендована процедура, которая и по сей день используется на мировом танкерном флоте для защиты грузовых танков от воздействия избыточного давления или вакуума в процессе транспортировки грузов морем - процедура регулируемого выпуска паров в атмосферу вручную.

Такая процедура предусматривает выпуск в атмосферу избыточного давления парогазовых смесей из грузовых танков, вручную, с использование обводного трубопровода системы газоотвода. Выпуск паров из танков осуществляется до момента автоматического срабатывания предохранительных клапанов на газовыпускных отверстиях. В соответствии с действующими рекомендациями Международной морской организации, избыточное давление в грузовых танках в процессе транспортировки наливных грузов на танкерах должно поддерживаться в диапазоне между 1000 мм в. ст. и 400 мм в. ст.

В 2000 году были опубликованы результаты исследований, проведенных за 344 рейса на борту танкера. Результаты исследований показали, что во время транспортировки груза нефти морем за 45-дневный рейс, экипаж танкера, выполняя вышеописанные процедуры, производит стравливание избыточного давления из грузовых танков 189 раз. Простейшие подсчеты показывают, что с каждого танкера, каждый рейс, теряется около 0,26% от общего количества груза, или 455 тонн потерь на каждые 175 000 тонн перевезенных нефти и нефтепродуктов.

Рост загрязнений нефтепродуктами происходит еще и в связи с резким увеличением числа предприятий, занимающихся получением, хранением, оптовой и розничной реализацией нефтепродуктов (нефтебазы, АЗС, склады ГСМ, мазутохранилища и т.д.). Эти предприятия характеризуются низким уровнем

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

квалификации обслуживающего персонала, отсутствием на большинстве объектов обустроенных и эффективно работающих систем сбора и очистки ливневых и аварийных стоков.

Инфильтрация нефти и нефтепродуктов привела к образованию их крупных подземных залежей в городах Грозном, Ангарске, Моздоке, Туапсе, Ейске, Орле, Новокуйбышевске, Уфе, Комсомольске-на-Амуре и др.

По нормам потери нефтепродуктов на складах ГСМ, нефтебазах, предприятиях нефтепереработки официально не должны превышать 3% оборота. В действительности же размеры потерь определяются уровнем бесхозяйственности, а он непрогнозируем.

Результатом такого рода явлений явилось то, что практически под любым объектом, связанным с добычей, переработкой, транспортировкой, хранением, реализацией нефти и нефтепродуктов, образуется зона загрязнения грунтов и подземных вод разнообразными углеводородами нефтяного ряда.

Под многими нефте хранилищами, складами и предприятиями скопились гигантские нефтяные «линзы». Нефтепродукты прекрасно впитываются в почву, потом попадая в реки и артезианские скважины.

В Ейске за 40-50 лет в результате разливов нефтепродуктов и утечки из продуктопроводов аэродрома летного училища на глубине 20 м образовалась залежь керосина объемом до 180 тыс. тонн. Идет поступление керосина в Азовское море (до 50 т ежегодно). Подобная картина наблюдается и в военном городке Щелково-4 Московской области, где отмечено превышение предельных концентраций нефтепродуктов выше допустимых в почве, воздухе и питьевой воде. Источником загрязнения является залегающая на глубине от 2 до 6 метров «керосиновая линза» площадью более 20 га. Вообще по стране самыми грязными признаны территории военных аэродромов с их нефтяными линзами.

Особо тяжелая обстановка сложилась на аэродромах Энгельс, Чкаловский, Моздок, Елизово и ряде других. В Энгельсе загрязнено 135 га, под которыми находится до 30 тысяч тонн авиационного керосина.

В 2001 году Новокуйбышевск был официально признан городом с чрезвычайной экологической ситуацией. Специалисты связывали такую ситуацию, прежде всего, с деятельностью Новокуйбышевского нефтеперерабатывающего завода. На его долю приходится примерно 80 процентов всех вредных выбросов. И ко всему прочему, именно ННПЗ держит первенство среди нефтеперерабатывающих заводов всей страны. В последние годы здесь участились аварийные утечки нефтепродуктов, в основном, из-за изношенности трубопроводов. Большинство из них проложено под землей, что затрудняет их контроль и техническое обслуживание. Под городом, в результате многолетней деятельности предприятия, из-за бесчисленных утечек и аварий, скопилось огромное нефтяное озеро размером в 10 квадратных километров. Его ядовитые воды время от времени просачиваются наружу, попадая в подвалы и в окрестные водоемы. В период паводка, а также при подъеме грунтовых вод, нефтепродукт вытесняется из-под земли на поверхность. Причем линза практически не стоит на одном месте, она движется. Эта подвижность, как говорят экологи, явление чрезвычайно опасное. Вместе с подземными водами она легко просачивается в водоем - реку Татьянку. Кстати, недалеко от этого места находится новокуйбышевский питьевой водозабор.

В конце 80-х начале 90-х годов были даже зафиксированы смертельные случаи. Из-за отравления подземными нефтяными газами в поселке Липяги - наиболее пострадавшем от нефтяной линзы населенном пункте - погибли трое человек. Тогда ситуация была объявлена чрезвычайной, и власти города совместно с прибывшей в Новокуйбышевск правительственный делегацией приступили к ее разрешению. В итоге было объявлено, что подземную нефть необходимо срочно откачать. Вот уже около 9 лет

подземное озеро откачивается и перерабатывается, как обыкновенные нефтепродукты с месторождения. На 2004 год по подсчетам специалистов, под Новокуйбышевском до сих пор остается около миллиона тонн искусственных нефтяных залежей. Как говорят геологи, нигде в мире такого огромного нефтяного техногенного месторождения на данный момент не зарегистрировано.

Природоохранные службы Воронежа также обнаружили в городе огромную подземную нефтяную «линзу», которая угрожает серьезным загрязнением почвы и водоносного горизонта на площади в 40 гектаров. Озеро из нефтепродуктов образовалось на глубине 16-18 метров на территории бывшей нефтебазы в левобережной части города. За несколько десятков лет нефтяная «линза» разлилась на площади 800 на 500 метров и достигла объема скопившегося в ней топлива более 40 тысяч тонн. Что происходит под всеми нефтебазами Воронежской области - никому не известно. Если раньше они были в каждом из 32 районов области, то сейчас их осталось лишь 8. Остальные либо законсервированы, либо заброшены. Наверняка под многими из них находятся такие же «залежи» утекших нефтепродуктов.

Масштабы и возможные последствия загрязнения почв и подземных вод нефтепродуктами также очень беспокоят экологов Челябинской области. Ведь в области 14 крупных нефтебаз, большинство из которых действует с начала XX века. Истинные запасы нефти в этих хранилищах пока неизвестны. Достоверно установлено пока лишь то, что в зонах расположения нефтебаз в грунтовых и подземных водах содержится большое количество нефтепродуктов - кое-где до 300 грамм нефти в литре воды. Впопу заняться ее добычей и переработкой. А в городе Троицке в 1993 году случилась экологическая катастрофа. В колодцах десятков жителей домов, расположенных неподалеку от Троицкой нефтебазы, которая действует уже почти 100 лет, вдруг появились нефтепродукты. Это была не просто бензиново-керосиновая пленка, а большой слой толщиной от нескольких сантиметров до двух метров. Концентрация углеводородного сырья в питьевых колодцах превышала предельно допустимый уровень в 1000 и более раз. За восемь с лишним лет огромная подземная нефтяная линза площадью в десятки гектаров разрослась и со скоростью 100-200 метров в год продвигается к пойме реки Увелька.

Такая же ситуация складывается в городах Братске, Уфе, Туапсе и ряда других мест.

#### Список литературы

1. РД 153-39.4-114-01. «Правила ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах»
2. Поконова Ю.В. Нефть и нефтепродукты: научно-справ. изд. / Ю.В. Поконова. - СПб.: Мир и семья: Профессионал, 2003 год, 901 с.
3. Журнал «Нефтяное хозяйство»

УДК 630.905;503.654

**Разливы нефти и нефтепродуктов вследствие чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера**

Спиридонов Е.Г., Матвиец Д.А., Зобов П.В., Гальцов И.И.  
ВУНЦ ВВС ВВА

**Аннотация:** Природные факторы могут сами инициировать существенные риски и приводить к значительным ущербам. К числу таких факторов можно отнести - паводки и половодья, эрозионные и русловые процессы, склоновые процессы термокарстовые процессы, просадки и провалы.

**Ключевые слова:** разливы нефти и нефтепродуктов, аварийные и чрезвычайные ситуации, опасные производственные объекты, природные факторы рисков

Природные факторы могут сами инициировать существенные риски и приводить к значительным ущербам. К числу таких факторов можно отнести [1]:

- паводки и половодья, вызывающие аварийные и чрезвычайные ситуации, поражающие многие элементы инфраструктуры нефтедобывающего комплекса, в особенности, если кустовые площадки и другие опасные производственные объекты расположены в пойме и на низких террасах;

- эрозионные и русловые процессы, вызывающие разрушение элементов инфраструктуры, в первую очередь линейных сооружений: дорог, трубопроводов, подводных переходов, искусственных насыпей дорог, фундаментов зданий и сооружений;

- склоновые процессы, в первую очередь - оползневые и солифлюкционные, обвальные и обвально-осыпные, угрожающие линейным сооружениям, а также площадным элементам инфраструктуры промплощадкам и резервуарным паркам, ДНС, ЦПС, ЦППН и др.;

- термокарстовые процессы, просадки и провалы, деформация фундаментов и оснований, спровоцированная ускоренная эрозия и солифлюкция, угрожающие площадным объектам нефтяного производства.

Морозное пучение почвогрунтов - также существенный фактор аварийности трубопроводов, проложенных траншейным способом, например, на севере Республики Коми, севере Тюменской области и др. территории.

Внутренняя и внешняя коррозия как природный фактор аварийности - одна из основных причин аварий на нефтепроводах.

Очевидно «цепное» взаимовлияние: природные факторы рисков при своей реализации могут инициировать проявление негативного влияния техногенных факторов.

Землетрясения - одна из естественных и частых причин возможных крупных аварий на нефтепроводах.

3 ноября 2002 года на Аляске произошло мощное землетрясение в 7,9 балла, которое по статистике могло произойти лишь раз в 600 лет. Благодаря грамотным инженерным решениям, принятым при строительстве трансаляскинского нефтепровода, сильнейшие толчки не смогли разрушить целостность трубы.

Для проектирования этого нефтепровода собрали ведущих сейсмологов и геологов США. Первейшей их задачей стало выявление и картирование мест потенциальной сейсмической активности вдоль маршрута трубы, пересекавшего три активных тектонических разлома. Проектировщики определили, что самая большая угроза нефтепроводу от землетрясения находится на участке разлома Денали, а также

около порта Валдиз, где 1300-километровую трубу планировали завершить терминалом для перекачки нефти в танкеры. Американские инженеры смогли обеспечить в районе разлома Денали особую подвижность трубопровода. Он был проложен над землей на специальных вертикальных стойках с компенсаторами, позволяющими трубе при необходимости скользить по поперечной металлической балке. В некоторых местах трубопровод лежал почти на земле, на длинных металлических рельсах, по которым труба могла перемещаться почти на 6 метров по горизонтали и - при помощи специальной гравийной подушки - на 1,5 метра по вертикали. Кроме того, зигзагообразная трасса трубы позволяла ей «растягиваться» и «сжиматься» при очень сильных продольных сейсмических колебаниях, а также при температурном расширении и сжатии металла. Такие технологии позволили трубопроводу двигаться вместе с подвижками земной коры и оставаться целым.

На новой карте сейсмического районирования России северо-восточный Сахалин и прилегающие к нему участки шельфа, где ведутся нефте-разработки, отмечены как высокосейсмичные. И у нас, как в 70-х годах на Аляске, стоит задача перекачки нефти туда, где ее круглый год смогут забирать танкеры, не опасаясь тяжелых льдов. «Эксон нефтегаз лими-тед» (ЭНЛ) строит нефтепровод с месторождения Чайво поперек северной части острова и Татарского пролива на материк - в порт Де-Кастри. «Сахалин энерджи» решила проложить две трубы (с нефтью и газом) с севера на юг Сахалина до поселка Пригородное на побережье Анивского залива. При этом на севере их трассы пройдут по территории с сейсмичностью 9~10 баллов. В этих условиях защита трубы от разрывов при подвижках земной коры представляет первостепенную задачу [2].

Сахалинцы никогда не забудут страшную трагедию Нефтегорска 1995 года. Тогда землетрясение не только принесло невосполнимую боль человеческих утрат, но и оставило долго не заживающие раны на теле земли. Около 200 порывов трубопроводов компании «Сахалинморнефтегаз», пронизывающих весь север Сахалина, залили нефтью огромные пространства. По нерестовым рекам она ушла в заливы и Охотское море.

По данным АО «Сахалинморнефтегаз», в результате майского землетрясения 1995 года, прямые потери нефти компании были оценены в 9,3 млн тонн, были повреждены около 300 км магистрального нефтепровода и более 100 км промысловых нефтепроводов, произошло свыше 100 порывов нефтепроводов и коллекторов нефтяных скважин. Объем разлитой нефти составил 6 000 тонн (по другим сведениям -десятки тысяч тонн). Природе был нанесен огромный ущерб - вполне закономерный, поскольку все нефтепроводы были традиционно закопаны в грунт и не были рассчитаны на сейсмические потрясения. А при ликвидации последствий нефтяники ограничились тем, что просто зарыли загрязненную нефтью почву.

В техническом задании сахалинского проекта заложена 8-балльная сейсмостойкость буровых платформ и промышленных сооружений, но нефтегорское землятресение заставляет ориентироваться на 10-балльную отметку.

Годовые объемы нефти, перекачиваемой сегодня по всем трубопроводам на севере Сахалина, составляют около 1,5 млн тонн. По шельфовым проектам планируется многое больше. Нефтепровод компании ЭНЛ рассчитан на 12 млн тонн в год, а «Сахалин энерджи» - на 6-8 млн тонн.

При этом обе компании имеют опыт работы на Аляске и не понаслышке знают, как надо строить безопасные трубопроводы в сейсмичных районах. Однако, насколько известно, по обоим проектам ни специальных стоек, ни рельсов, ни вообще надземной прокладки и многое другое, обеспечивающее безопасность транспортировки нефти при землетрясениях, не планируется. Трубопроводы шельфовых проектов будут, по имеющимся сведениям, просто закопаны в землю, в том числе - и на участках активных тектонических разломов, которые только трубопровод «Сахалин-1» пересечет, судя по

всему, не менее трех раз. И любые колебания почвы при землетрясениях смогут вызвать множество разрывов, как это было в 1995 году. Вся надежда на аварийные задвижки - но ведь они не спасают от разливов, а лишь ограничивают их размеры. При этом есть одна деталь: чувствительность аппаратуры, следящей за утечками и перекрывающей подачу нефти в случае чего, на нефтепроводе компании ЭНЛ такова, что запорные клапаны будут срабатывать лишь тогда, когда объем потерянной нефти достигнет 1 процента. При планируемом годовом объеме этого трубопровода в 12 млн тонн ежедневно будет прокачиваться около 33 тыс. тонн. Иными словами, если землетрясение повредит проложенную под землей трубу, то 300 тонн в сутки могут спокойно утекать до тех пор, пока не выйдут где-нибудь на поверхность и не будут визуально замечены [4].

Строительство трубопровода на Аляске обошлось в 8 млрд долларов, по нынешним ценам - это около 22 млрд. С тех пор он уже многократно окупился, не допустив за 25 лет прокачки колоссальных объемов нефти ни одного существенного разлива и по праву считаясь самым безаварийным в мире. На один сахалинский трубопровод отводится всего несколько сот миллионов долларов [3].

А в байкальской рифтовой зоне, где планируется прокладка нефтепровода Тайшет-Перевозная, возможны землетрясения до 11 баллов, а уж в 7-8 баллов регистрируются практически ежегодно.

В августе 1999 года в Турции произошло сильное землетрясение, которое вызвало загорание 10 резервуаров с нефтью по десять тысяч кубических метров каждый на НПЗ в городе Измите.

Землетрясение силой 8 баллов 26 сентября 2003 года на острове Хоккайдо буквально разгромило нефтеперерабатывающий комплекс компании «Идемитцу». Сразу после первого удара загорелся резервуар объемом 30 тысяч кубометров. Через два дня после очередного толчка загорелся еще один аналогичный по объему резервуар. Всего на территории комплекса было размещено 105 резервуаров общим объемом 600 тысяч кубометров. В результате землетрясения 45 резервуаров получили повреждения. Серьезные разрушения или утечки наблюдались у 29 резервуаров. Особую опасность представлял резервуар объемом 100 тысяч кубометров, в котором находилось 66 тысяч кубометров нефти.

В сентябре 2004 года неожиданно произошло три серии подземных толчков интенсивностью в 4-6 баллов в Калининградской области. Особую тревогу вызвало состояние морской нефтяной платформы Д-6, которая не является сейсмоустойчивым сооружением. Платформа расположена в 22 км от берега, и именно в этом районе находился эпицентр землетрясения.

Большую опасность для нефтепроводов несут и другие природные явления - оползни, сели и лавины, наводнения и ураганы. В мае 2001 года, во время катастрофического наводнения в Якутии, была разрушена нефтебаза в городе Ленске и в воды Лены попало более 12 тысяч тонн нефтепродуктов. Из 148 вертикально стоящих резервуаров были повреждены 89.

В Эквадоре нефть, добываемая в верховьях Амазонки, перекачивается по Трансэквадорскому нефтепроводу к экспортным терминалам на берегу Тихого океана. Недавно он был разорван двумя мощными оползнями, которые произошли в 70 км от столицы страны г. Кито. Объем разлива превысил 3000 тонн.

24 марта 2005 года в северной части графства Лос-Анджелес (США) оползнем был поврежден нефтепровод диаметром 350 мм. Несмотря на то, что поврежденный трубопровод был оперативно перекрыт, из него вылилось около 400 тонн нефти.

Одним из следствий глобальных изменений климата является увеличение частоты и силы ураганов, которые представляют большую опасность для нефтяных танкеров и морских нефтедобывающих платформ. Штормовая погода в море и у

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

побережья является довольно частой причиной гибели судов и разрушений морских платформ, сопровождавшихся катастрофическими разливами нефти. Зафиксированы случаи разрушения платформ в Северном море и в Мексиканском заливе.

25 августа 1992 года ураган «Эндрю», пронесшийся со скоростью 155 миль в час (в эпицентре) через южную часть Флориды и вошедший в Мексиканский залив, в мгновение ока опрокинул три расположенные там буровых платформы, что привело к значительному разливу нефти.

Российский танкер «Волганефть-248» потерпел катастрофу 29 декабря 1999 года близ берегов Турции. Инцидент произошел, когда танкер стоял на рейде в миле от турецкого порта Амбарлы близ Стамбула, ожидая разгрузки. В его трюмах находилось 4363 тонны мазута, доставленные из болгарского города-порта Бургас. Неожиданно налетевший шквальный ветер, порывы которого порой достигали 31 м/с, бросил судно на мель. От сильного удара о подводный камень судно раскололось пополам в районе шестого танка.

Именно вследствие шторма произошел разлом танкера «Престиж», вызвавший экологическую катастрофу у берегов Испании в ноябре 2002 года.

В сентябре 2004 года в связи с приближением мощного урагана «Ай-ван» были эвакуированы работники почти с 650 буровых и добывающих платформ (13 тысяч человек). Объем добычи на морских нефтепромыслах Мексиканского залива был снижен на 75%. Компании допускали, что такой сильный ураган может привести к серьезным повреждениями на добывающих платформах и гибели людей. Нефтяники пережили немало тревожных часов, получая с расположенных в заливе гидрологических буев информацию о том, что высота волн достигала рекордных 16 метров. Был поврежден подводный трубопровод, принадлежащий компаниям «Шелл» и «Бритиш Петролеум». В результате произошла утечка более 700 тонн нефти.

В районе устья реки Миссисипи ураганом был разрушен принадлежащий «Шеврон-Тексако» резервуар, что привело к разливу 400 тонн нефти. Потери компании «Нобл» были более значительными. Ей удалось обнаружить только одну из четырех морских буровых установок, оказавшихся на пути урагана «Айван», да и та была сильно повреждена. Три других исчезли. Всего вызванными ураганом «Айван» мощным ветром, огромными штормовыми волнами, оползнями и наводнениями в различной степени было повреждено 16 тысяч километров трубопроводов и около 150 платформ.

В августе 2005 года мощнейший ураган «Катрина» затопил целый город Новый Орлеан, разрушил 58 нефтяных платформ и буровых установок в Мексиканском заливе, 30 из которых были потеряны безвозвратно. В воды залива попало значительное количество нефти и нефтепродуктов.

В последние годы спутники зафиксировали в океане огромные волны высотой 30 и более метров. По подсчетам экспертов, за два последних десятилетия жертвами таких волн стали 22 супертанкера. В 1995 году одна из таких волн снесла оборудование с платформы компании «Стат-ойл», стоявшее на высоте 31 м. Наука пока не может объяснить физику появления таких волн, но вполне серьезно советует увеличить высоту платформ над уровнем моря на 20%.

Штормовые ветры дуют и на черноморском побережье в районе Новороссийска, где расположен крупнейший нефтепорт России. «Морячок» (юго-западный ветер) в районе Новороссийска дует часто и порой достигает ураганной силы, выбрасывая на берег огромные корабли. По этой причине в порту уже на раз случались аварии судов с разливом нефти. При скорости ветра 10-30 метров в секунду всего через 2 часа после прорыва трубы или крушения танкера вся вылившаяся нефть окажется на берегу, и никакой нефтесборочный флот не сможет это предотвратить. При этом даже если суда-нефтесборщики смогут выйти в море и окажутся на месте мгновенно, им потребуется

гораздо больше времени для блокирования пятна заградительными бонами. К тому же следует добавить, что Новороссийск находится в тектонически активном районе. А в Новороссийский порт заходят танкеры водоизмещением до 300 тысяч тонн.

Особенно тяжелое положение может сложиться при аварии на нефте-терминале КТК, расположенным в открытом море 5 км от полого берега в Южной Озереике. Цемесская бухта, где расположен другой нефтяной терминал («Шесхарис»), принадлежащий «Черномортранснефти», в случае аварии может быть быстро перегорожена бонами, да и от ветров с суши защищена лучше.

#### Список литературы

1. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. - М.: ВНИРО, 2001 год, 247 с.
2. Поконова Ю.В. Нефть и нефтепродукты: научно-справ. изд. / Ю.В. Поконова. - СПб.: Мир и семья: Профессионал, 2003 год, 901 с.
3. Серия докладов IPIECA. 2-й том. Руководство по планированию действий в чрезвычайных ситуациях при разливах нефти на воде. 2-е издание, март 2000 год.
4. Сахалинский шельф. Проблемы освоения. «Нефть и газ континентального шельфа: проблемы освоения и рационального использования». Парламентские слушания в Государственной Думе 11.04.02 года.

УДК 630.905;503.654

#### **Разливы нефти и нефтепродуктов вследствие криминогенных хищений, террористических актов и военных действий**

Спиридов Е.Г., Матвиец Д.А. Гальцов И.И.,  
ВУНЦ ВВС ВВА

**Аннотация:** В соответствии с законом Российской Федерации «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» магистральные нефтегазопроводы отнесены к категории объектов повышенной опасности, которые должны быть защищены от свободного доступа посторонних лиц. Наряду с хищениями, умышленные повреждения нефтепроводов могут осуществляться с целью дестабилизации политической ситуации в регионе посредством совершения терактов.

**Ключевые слова:** разливы нефти и нефтепродуктов, криминальные врезки, хищения нефтепродуктов, умышленные повреждения нефтепроводов, диверсионные акции.

Проблема хищения нефти и нефтепродуктов в России является очень острой. Незаконные врезки обнаружаются практически каждый день. Для устранения повреждений иногда приходится даже останавливать перекачку нефтепродуктов [1, 2, 3].

На территории России наиболее криминогенными по хищениям нефтепродуктов являются следующие области: Московская (Раменский, Ленинский и Луховицкий районы), Самарская (Сызранский, Волжский и Безенчукский районы), Курганская (Юргамышский район), Челябинская (Сосновский и Красноармейский районы), Липецкая (Усманский и Грязинский районы), Ульяновская (Новоспасский район), Белгородская (Корочанский и Губкинский районы), Брянская (Брянский, Карабевский, Навлинский, Клинцовский и Почепский районы), Оренбургская (Курманаевский район), Орловская (Орловский

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

и Залегощинский районы), Курская (Курский и Октябрьский районы), Нижегородская (Богородский, Павловский и Кстовский районы), Тульская (Киреевский и Веневский районы), Рязанская (Рязанский и Захаровский районы), Ростовская (Мясниковский, Матвеево-Курганский и Кагальницкий районы), Чеченская Республика.

В Пензенской области работники ОАО «Труевское» во главе со своим директором в течение двух лет производили отбор нефти из нефтепровода «Дружба». За 2 года своей нефтедобывающей деятельности они украли порядка 30 тысяч тонн сырой нефти. Системы контроля давления на нефтепроводе нет. В связи с этим оперативное обнаружение несанкционированных врезок в нефтепровод затруднено.

На территории Кузнецкого и Городищенского района Пензенской области действуют несколько криминальных групп. Раньше похитителей нефти могли привлекать к уголовной ответственности за повреждение трубопровода, однако сейчас эта статья из Уголовного кодекса исключена. Сейчас, когда хищение нефти приравнивается к обычной краже, многие дела не доходят до суда.

В сентябре 2003 года в Самаре была ликвидирована преступная группа, воровавшая нефть на протяжении полутора лет, которая похитила десятки тысяч тонн нефти. По данным правоохранительных органов, на территории Самарской области в 2003 году незаконно эксплуатировалось около 450 врезок в нефтепроводы. Почему исчезновение такого огромного количества нефти было обнаружено только через полтора года -покрыто мраком неизвестности.

По территории Орловской области проходит два магистральных нефтепровода и четыре нефтепродуктопровода. Случаи воровства стали фиксироваться еще с начала 90-х годов. С каждым годом растет не только число врезок, но и «мастерство» расхитителей, их техническая оснащенность. По оценке аналитиков орловского УФСБ, на территории области действует не менее десятка преступных групп нефтяных «вампиров». Только одна подобная группа за год расхищает топлива на сумму порядка трех миллионов долларов США.

Случаи криминальных врезок отмечены практически во всех 17 районах Татарской Республики, где проходят нефтепроводы. В Актанышском, Альметьевском, Муслюмовском, Чистопольском районах практика врезок приобрела вид организованного преступного промысла с возросшим уровнем технической подготовленности, когда преступники сливают похищенную нефть в емкости с помощью специально сооруженных нефтеотводов. Особый всплеск отмечался в 2003 году, когда число криминальных врезок увеличилось в первом полугодии 2003 года в 11 раз по сравнению с аналогичным периодом 2002 года.

Очень часто результатом криминальных врезок становится масштабный разлив нефти (нефтепродуктов). Так, 7 августа 2005 года, в результате врезки в районе поселка Тахталукай (Адыгея) в нефтепровод Хады-женск-Псекупская (диаметр 320 мм, давление 25 атм), по которому нефть поступает на Краснодарский НПЗ, произошла утечка около 100 тонн нефти. Было загрязнено около 1,5 км дренажного канала расположенного рядом рисового поля и четыре километра Чубейского водоканала (отток от реки Кубань).

В России даже созданы специальные фирмы, которые специализируются именно на врезках. Теневой бизнес на нефти стал настолько крупномасштабным, что перерос в общенациональное бедствие, когда экономические потери усугубляются масштабами разлива нефти и нефтепродуктов. Безнаказанность, вседозволенность и тот факт, что за подобные правонарушения по действующему законодательству серьезных сроков, более 2-3 лет, не дают (часто преступники вообще отделываются условным сроком), приводит к

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

тому, что пойманные «врезчики» довольно быстро возвращаются к своему криминальному бизнесу.

Анализ статистики преступлений на магистральных нефтепроводах показывает возросший технический уровень и организованность преступных группировок. Число криминальных врезок измеряется десятками в день, а убытки - миллионами долларов. При этом существующее контрольное оборудование не способно противостоять таким воздействиям и предотвратить хищения нефтепродуктов в период их транспортировки. Применяемые некоторыми компаниями охранные системы не обеспечивают возможности оперативного реагирования на врезки, фиксируя лишь по прошествии времени уже свершившийся факт потери продукта.

В соответствии с законом Российской Федерации «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» магистральные нефтегазопроводы отнесены к категории объектов повышенной опасности, которые должны быть защищены от свободного доступа посторонних лиц.

В настоящее время хищения нефтепродуктов и газа путем несанкционированных врезок приобретают масштаб острой государственной проблемы. Значительная протяженность трубопроводов затрудняет постоянный контроль их состояния, а прохождение трубопроводных систем через густонаселенные территории способствует росту числа несанкционированных врезок. В некоторых регионах ситуация с такими врезками привела к тому, что транспортные компании вынуждены рассматривать вопрос о закрытии части своих магистральных трубопроводов, в том числе работавших на экспорт газа и нефтепродуктов. Это связано с тем, что суммы ущерба от хищения транспортируемых продуктов делают эти участки трубопроводов нерентабельными.

Криминальные посягательства на магистральные нефтепроводы причиняют не только ощутимый материальный ущерб, но и создают предпосылки крупных техногенных катастроф с тяжелыми экологическими последствиями (из-за разлива нефтепродуктов), взрывами в зоне повреждений, пожарами, человеческими жертвами.

Наряду с хищениями, умышленные повреждения нефтепроводов могут осуществляться с целью дестабилизации политической ситуации в регионе посредством совершения терактов.

В августе 2005 года Департаментом государственной защиты имущества (ДГЗИ) МВД России были подготовлены предложения по внесению изменений и дополнений в «Правила охраны магистральных трубопроводов», утвержденных Ростехнадзором и Минпромэнерго России. Дополнительный раздел «Правил», предложенный указанным ведомствам, устанавливает требования по антикриминальной защите нефтегазопроводов и инфраструктуры трубопроводного транспорта автоматизированными техническими средствами охраны для определения места повреждения трубопровода в реальном масштабе времени. Представляемые системы формируют многопозиционную зону обнаружения повреждений по длине охраняемого участка трубопровода путем размещения на нем сигнальных датчиков повреждений.

Такие системы дают возможность группам немедленного реагирования отделов вневедомственной охраны при органах внутренних дел пресекать несанкционированные подключения к магистральным нефтегазопроводам, противодействовать совершению краж и диверсий. При этом появляется реальная возможность задерживать преступников на месте совершения ими противоправных действий, имея достаточный для возбуждения уголовного дела набор вещественных доказательств. Современный уровень вооружения, технической оснащенности,

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

подготовки и правового обеспечения подразделений внедомственной охраны, численность которых по всей России составляет более 300 тысяч человек, позволит вести действительно эффективную борьбу с этим видом преступлений.

Все чаще объектами террористических актов становятся нефтепроводы и нефтекважины, танкеры и нефтетерминалы. Для того чтобы вывести из строя нефтепровод, не нужны десятки килограммов взрывчатки. Достаточно нарушить внешнюю стенку нефтепровода - и давление изнутри сделает разрыв максимальным.

6 октября 2002 года был совершен террористический акт против французского супертанкера «Лимбург» водоизмещением 300 тыс. тонн у берегов Йемена. На танкере произошел взрыв с разливом нефти в воду. В результате взрыва и пожара произошла утечка примерно 90 тысяч баррелей нефти, образовавшей огромное пятно размером 500 км и толщиной 15 см. Почти 130 км побережья было загрязнено нефтью. Танкер «Лимбург» перевозил около 400 тыс. баррелей сырой нефти.

Морские компании по своей природе беззащитны перед угрозой терактов. Вооруженная группа может без труда захватить судно, тем более что инструкции ММО по борьбе с пиратством от июня 2001 года рекомендуют экипажу не брать на борт оружие.

29 марта 2004 года чеченские боевики взорвали три действующие нефтяные скважины на территории республики. Для ликвидации последствий диверсии требовалось не менее трех месяцев при самом благоприятном стечении обстоятельств, общий ущерб от диверсий, совершенных на нефтепромыслах Чечни, превысил полмиллиарда рублей. Ежедневно в трех факелях сгорало более двух тысяч тонн нефти.

В Ираке боевики неоднократно взрывали нефтепроводы и атаковывали морские нефтетерминалы, что приводило к большим разливам нефти и огромным убыткам, срывая на длительное время поставку нефти на экспорт. 24 апреля 2004 года 3 начиненных взрывчаткой катера со смертниками на борту вошли в акваторию нефтяного порта Басры и были подорваны, остановив на некоторое время работу нефтетерминалов. Эта атака показала, что нефтяная инфраструктура продолжает оставаться крайне уязвимой.

Международная нефтяная промышленность ввиду ее экономического, финансового и социального значения, а также огромной протяженности инфраструктуры будет приоритетной целью дальнейших нападений. Даже относительно ограниченные по мощности диверсионные акции в 2004 году против трубопроводной системы Ирака нанесли экономике этой страны прямой ущерб в 7 млрд долларов и привели к разливам огромных объемов нефти.

В конце XX века власти 12 островных государств Тихого океана заказали исследование, позволившее нанести на карту положение 3852-х судов, затопленных на их территориях во время Второй мировой войны. Тогда за четыре года активных действий в Тихом океане были затоплены суда общим водоизмещением 13 млн тонн. Многие из утонувших судов унесли с собой на дно большое количество нефтепродуктов. Прошло более полувека, стенки их корпусов разрушаются коррозией, и нефтепродукты начинают поступать в воду. Из 12, как правило, очень мелких и экономически маломощных государств Тихого океана только три имеют хоть какое-то оборудование для уборки разливов нефти. Остальные государства беспомощны и не смогут ничего сделать для предотвращения утечки или проведения очистных работ после разливов нефти, которые способны нанести непоправимый ущерб природе коралловых рифов.

Вокруг Соломоновых островов лежат более 150 крупных кораблей, затопленных во время битвы за Гуадалканал. В территориальных водах Папуа Новой

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

Гвинеи находится 270 утонувших судов, еще 200 - в водах, принадлежащих Маршалловым островам и Микронезии.

Остатки двух крупных американских судов, затонувших в сражении в Коралловом море в 1942 году, лежат в районе Большого Барьерного рифа. Сейчас этот уникальный природный объект включен в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Его природа признана достоянием всего человечества. При прохождении в этом районе судов принимаются строгие меры для предотвращения разливов нефти на поверхности моря. А в двух затонувших американских судах предполагается наличие 15 тысяч тонн нефтепродуктов, которые скоро могут вырваться на поверхность.

В 2001 году, после прохождения очередного тайфуна через удаленный атолл Илити в Микронезии, местным жителям кроме восстановления разрушенных домов пришлось столкнуться с новой проблемой. В воздухе ощущался сильный запах нефтепродуктов, а одна из лагун оказалась залита бензином. Источник утечки был определен быстро. Это танкер военно-морских сил США «Миссиссинева», торпедированный японцами в 1944 году и затонувший около Илити. Судно с несколькими тысячами тонн нефтепродуктов на борту лежит на глубине 40 м. За полвека его корпус проржавел окончательно, и во время тайфуна из него вылилось более 80 тонн авиационного топлива. Тогда власти США прореагировали достаточно оперативно и потратили 6 млн долларов на откачуку более 7 тысяч тонн нефтепродуктов, многие десятилетия находившихся на дне моря. Однако очередной тайфун может принести новые сюрпризы.

Не менее сложная обстановка сложилась и в Атлантике, где только за июнь-июль 1942 года немецкие подлодки торпедировали и утопили американские танкеры, на бортах которых находилось почти 600 тыс. тонн нефтепродуктов.

В 1980-1988 годах во время ирано-иракской войны происходила и «танкерная война» между этими странами. При этом более 150 танкеров получили повреждения, сопровождавшиеся разливом нефти. За время этой войны утечки нефти составили 0,5 млн тонн.

Во время войны в Персидском заливе 1991 года Саддам Хуссейн отдал приказ поджечь нефтяные скважины Кувейта. Были взорваны и подожжены более 700 нефтяных скважин. Остановить наступление американцев это не смогло, но нанесло огромный, не поддающийся оценке, ущерб окружающей среде, от которого природа не оправилась до сих пор. Чтобы потушить эти гигантские пожары, специалистам, прибывшим из 10-ти стран, понадобился почти год. В атмосферу было выброшено огромное количество ядовитых газов - прежде всего, окиси углерода и двуокиси серы. В полыхающих факелах сгорало около 3-х миллионов баррелей нефти в день - а это почти 5 процентов ежедневного мирового потребления. Черные тучи из сажи и копоти поднимались на высоту до 3-х километров и разносились далеко за пределы Кувейта.

Выброс углекислого газа в атмосферу только за первую неделю пожаров превысил годовой выброс всей Великобритании. Но часть нефти не сгорела. До миллиона тонн нефти вылилось тогда в море и растеклось по пустыне. В пустыне образовались целые озера из нефти, море и вся береговая полоса были загрязнены. Из-за жары во многих местах на почве образовалась твердая корка, что-то вроде асфальта. Это нанесло тяжелый урон всему животному и растительному миру пустыни.

В кувейтской пустыне сгорел миллиард баррелей нефти. Из буровых скважин, которые не воспламенились, нефть била фонтанами, образовывая большие озера и стекая в Персидский залив. Сюда же вылилось большое количество нефти из подорванных терминалов и танкеров. В результате нефтью было покрыто 1554 км поверхности моря, 450

км береговой полосы, где погибло большинство птиц, морских черепах, дюгоней и других животных. В общей сложности утечки нефти в Персидский залив и Аравийское море составили порядка 8 млн тонн.

В результате ракетно-бомбовых ударов авиации НАТО по Югославии в 1999 году было разрушено много объектов нефтепромышленного комплекса страны, что сопровождалось крупными пожарами с выбросом в атмосферу большого количества сажи, ароматических углеводородов. Так, после авиаударов НАТО по нефтяным объектам Югославии 18-19 апреля в связи с преобладанием в это время южных и юго-западных ветров воздушными массами продукты горения были вынесены через Белоруссию на территорию России до рубежа Псков-Смоленск. Кроме этого, особую опасность для России и Украины представляло распространение нефтепродуктов и ядовитых веществ по Черному морю через Дунай. В водах Дуная сформировалось нефтяное пятно, размеры которого составляли в ширину 400 м и более 20 км в длину.

Планомерное уничтожение нефтеперерабатывающих производств с их последующим возгоранием приводило к выделению большого количества углеводородов, среди которых самым опасным являлся бензопирен. Облака зараженного воздуха достигали границ Румынии, Болгарии и частично Чехии.

Особенно значительный ущерб среди обитания человека был нанесен в окрестностях Белграда, где была сосредоточена основная часть промышленных предприятий. Их разрушение сопровождалось широкомасштабными загрязнениями атмосферы, водоемов, почвы и подземных вод высокотоксичными и вредными веществами. Были разрушены нефтеперерабатывающие заводы в городах Панчево, Нови-Сад. После пожара на нефтехимическом заводе «Петрохимия» в Панчево от угарного газа большого количества окиси углерода - чуть не угорел весь город. Бензо-пирен, образующийся при низкотемпературном горении нефтепродуктов (например, при пожарах на нефтеперерабатывающих заводах и нефтехранилищах), является сильнейшим канцерогеном.

#### Список литературы

1. Киселев В. «Бензиновые реки, криминальные берега». «Новые Известия» от 6 февраля 2003 года.
2. Цена бесплатного бензина. «Коммерсантъ-Деньги», № 37 от 24 сентября 2002 года.
3. Сайт Нефтяное обозрение: <http://www.forest.ru/oil/>.

УДК 538.945

#### Токонесущие элементы электрических машин на основе высокотемпературных сверхпроводников

Спиридов Е.Г., Скребов Н.Н., Зобов П.В.. Коваль С.Д.  
ВУНЦ ВВС ВВА

**Аннотация:** Концепция развития систем электродвижения требует дальнейшего совершенствования существующего и создания принципиально нового электроэнергетического оборудования с улучшенными массогабаритными и энергетическими показателями. После открытия высокотемпературных сверхпроводников с температурой перехода выше 30 К в ведущих отечественных и зарубежных научных центрах резко возрос объем разработок нового электротехнического оборудования на основе ВТСП-материалов для применения как в стационарных установках, так и на подвижных объектах.

Ключевые слова: системы электродвижения, высокотемпературные сверхпроводники, электрические машины со сверхпроводящими обмотками.

Концепция развития систем электродвижения требует дальнейшего совершенствования существующего и создания принципиально нового электроэнергетического оборудования с улучшенными массогабаритными и энергетическими показателями. При этом повышение эффективности электрооборудования должно осуществляться с учетом возрастающих требований к энергосбережению, экологии и экономии материальных затрат. Решить указанные задачи возможно при использовании новых материалов и технологий, а также интенсивных систем охлаждения [1, 2]. Оба эти направления связаны с применением сверхпроводниковых технологий. После открытия высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) с температурой перехода выше 30 К в ведущих отечественных и зарубежных научных центрах резко возрос объём разработок нового электротехнического оборудования на основе ВТСП-материалов для применения как в стационарных установках, так и на подвижных объектах.

Электрические машины со сверхпроводящими обмотками в качестве электродвигателей и генераторов уже находят применение в промышленно развитых странах (США, Германия, Япония, Франция, Корея, Австралия и др.). Так, известны разработки сверхпроводниковых электродвигателей для привода гребных винтов морских судов, двигатели для электромобилей, турбо- и гидрогенераторы, устройства для перемешивания металла в металлургии, экструдеры для протяжки металлических труб [1,2]

В настоящее время для практического применения в электромеханике используются следующие ВТСП-соединения:  $MgB_2$  (критическая температура  $T_c = 39$  К), иттриевая керамика (соединение  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\square}$ , ( $YBCO$  или  $Y-123$ ),  $T_c = 92\ldots94$  К), висмутовая керамика (соединения  $(Bi,Pb)_2Sr_2CaCu_2O_{10-\square}$  ( $BSCCO$  или  $Bi-2212$ ),  $T_c = 85$  К и  $(Bi,Pb)_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10-\square}$  ( $Bi-2223$ ),  $T_c = 108$  К), таллиевая керамика  $Ta-Ba-Sr-Ca-Cu-O$  ( $Ta-1223$  и  $Ta-2223$ ,  $T_c \approx 130$  К), ртутная керамика  $Hg-Ba-Ca-Cu-O$  ( $T_c \approx 158$  К), гадолиниевая керамика (на основе  $Gd-Ba-Cu-O$ ) [3, 4].

Для обмоток электрических машин применяются следующие токонесущие элементы на основе ВТСП.

**Провода на основе  $MgB_2$ .** В настоящее время известны два основных лидера в производстве проводов из этого соединения: фирма «Hypertech» (США) и фирма «Columbus» (Италия). Производственные мощности «Hypertech» составляют 10 000 км/год при длинах единичных кусков до 6 км (в перспективе до 60 км), а «Columbus» - 5000 км/год при длине единичного куска до 20 км [3].

Токонесущие характеристики проводников обоих производителей близки: критическая плотность тока  $J_c \approx (1,5\ldots2) \cdot 10^5$  А/см<sup>2</sup> в магнитном поле 4 Тл при 4,2 К и  $J_c \approx (2\ldots3) \cdot 10^5$  А/см<sup>2</sup> в поле 1 Тл при 20 К. В зависимости от назначения конструкция проводников может быть различной. Обе фирмы производят около 10 типов проводов каждая с числом жил от 7 до 54 и объемной долей ВТСП-керамики от 8 до 22 %. Для генераторов применяют проводники круглого сечения с 24 или 30 жилами и объемной долей ВТСП-керамики 17% и 20 % [4].

**Композитные ВТСП-ленты первого поколения (1G-ленты) на основе Bi-2223.** Эти ленты изготавливаются по технологии «порошок в трубе» и имеют толщину от 0,1 до 0,4 мм и ширину от 2,0 до 6,0 мм. Эта же технология позволяет производить тонкие многослойные токонесущие ВТСП-элементы с большой площадью поверхности,

которые перспективны для ряда электромеханических преобразователей [5, 6]. Типичная конструкция и размеры таких лент приведены на рисунке 1. [7].

Недостатками 1G-лент являются их высокая стоимость (из-за дороговизны серебра) и резкое уменьшение токонесущей способности в сильных магнитных полях при температурах выше 40 К. Поэтому для их использования в электротехнических устройствах необходимо применять криокулеры или жидкий неон, что лишает ВТСП своего главного преимущества – высокой критической температуры [5].

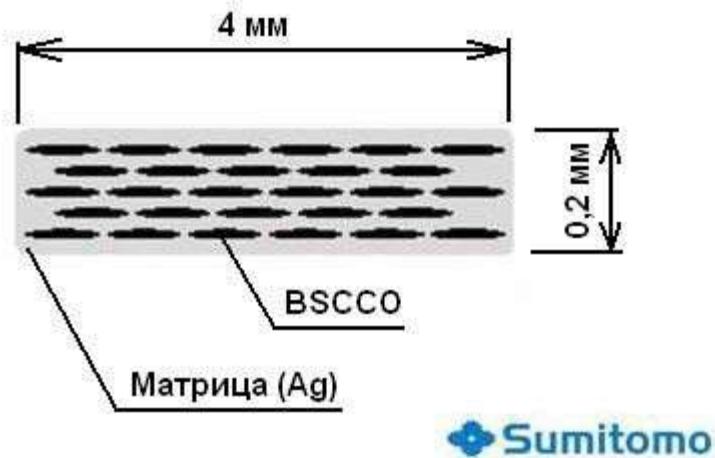


Рисунок 1 - Типичная конструкция и размеры композитных лент ВТСП 1G фирмы «Sumitomo»

**Композитные ВТСП-ленты второго поколения.** Это так называемые «coated conductors» (ленты с покрытием). На гибкой подложке из никелевого сплава формируется буферный слой с кристаллической структурой, подобной структуре *Y-123* (рисунок 2 [7]). На этот слой осаждается иттриевая керамика системы *Y-123* и затем покрывается стабилизирующим металлом. В результате получается гибкая тонкая монокристаллическая СП-пленка на несущей ленте с токонесущей способностью до 3 МА/см<sup>2</sup> при температуре жидкого азота. Конструктивная плотность тока, отнесенная ко всему поперечному сечению ленты, в несколько раз выше, чем в 1G-лентах. Они меньше подвержены влиянию внешнего магнитного поля и имеют значительно более высокие механические характеристики [8].

Работы по созданию промышленного производства ВТСП-лент 2-го поколения ведутся в США, Японии, Германии и др. Лента, выпущенная компанией «STI», имеет критический ток от 400 до 800 А/см при температуре 77 К, ширине ленты 4 мм [7].

**ВТСП-соединения на основе FeAs.** В феврале 2008 г. научная группа из Токийского технологического института, возглавляемая профессором Тосоно, сообщила об обнаружении сверхпроводимости в соединениях  $LaFeAsO_{1-x}F_x$  при 26 К. Позднее оказалось, что это представитель нового семейства высокотемпературных сверхпроводников на основе железа, которые в литературе называют пниктидами [6].

Разрабатываются различные технологии изготовления таких проводов: «порошок в трубе» и на основе тонких пленок (аналогично лентам ВТСП-2). Постоянно открываются новые сверхпроводящие соединения на основе железа, но их критические параметры пока уступают уже известным соединениям с критической температурой до 40 К. По состоянию на 2021 г. в диапазоне температур 20...30 К достигнуто превосходство над проводниками на основе  $MgB_2$  [8].

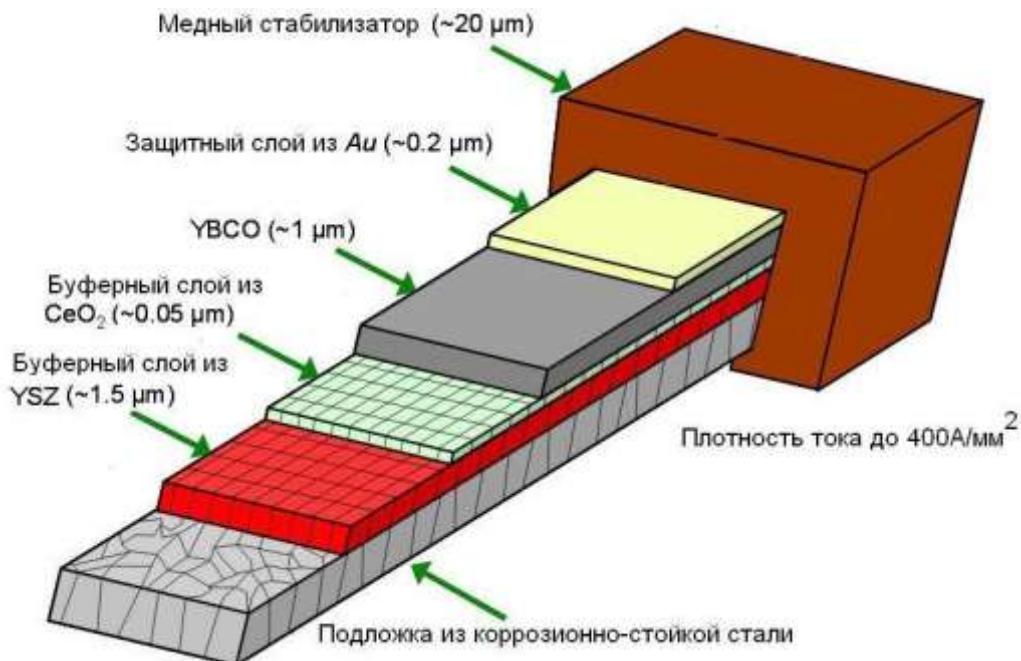


Рисунок 2. - Структура ленты ВТСП 2-го поколения фирмы “Bruker”

Из вышеизложенного можно сделать следующий вывод: Развитие технологий создания длинномерных композитных ВТСП-лент 2-го поколения на основе иттриевых керамик позволяет создавать электрические машины с системами криостатирования на основе жидкого азота, что уменьшает габариты СП-машин и существенно упрощает их конструкцию, повышает КПД и снижает их стоимостные показатели.

#### Список литературы

1. Криогенные электрические машины для аэрокосмической техники [Текст] / В. Т. Пенкин, К. Л. Kovalev A. E. Larionov, K. A. Модестов, A. A. Дубенский //Сборник трудов III-й Национальной конференции по прикладной сверхпроводимости НКПС-2015. – Москва, 2017. – с. 295 – 301.
2. An Outlook of the Use of Cryogenic Electric Machines On-board Aircraft [Text] / A. A. Dubensky, K. L. Kovalev, A. E. Larionoff, K. A. Modestov, V. T. Penkin, V. N. Poltavets // IEEE Transactions on Applied Superconductivity. – April 2016. – Vol.26. – No. 3. – [4] p.
3. Специальные электрические машины: (Источники и преобразователи энергии). Учеб. пособие для вузов [Текст] / А. И. Бертинов, Д. А. Бут, С. Р. Мизюрин и др.; Под ред. А. И. Бертинова. – М.: Энергоиздат, 1982. – с. 419.
4. Развитие электродвижения военных флотов в мире [Текст] / И. Г. Целуйко // Молодой ученый. – 2012. – №4. – с. 54 – 57.
5. Морской флот. Судовые энергетические установки. Лекция 10[Электронный ресурс] // Проект «Автоматика и морской флот» [автор проекта В. В. Цветков]. – Режим доступа: [http://vtsv.16mb.com/s\\_doc9b.html](http://vtsv.16mb.com/s_doc9b.html).
6. Assessment of Potential Performance of a 45 MW Marine Superconducting Motor [Text] / A. D. Appleton, R. Potts, B. J. C. Grand. – Canada, Transport Canada, International Research & Development Co. Ltd. – 1980. – pp. 1 – 15.
7. Design and Manufacture of a Large Superconducting Homopolar Motor (and Status of Superconducting AC Generator) [Text] / Appleton A. D. // IEEE T. Mag. – 1983. – Vol. 19(3). – pp. 1047 – 1050.

8. Электрические машины и устройства на основе массивных высокотемпературных сверхпроводников [Текст] // Колл. авт. под редакцией Л. К. Ковалева, К. Л. Ковалева и С. М.-А. Конеева. – М.: Физматлит, 2010. – 294 с.

УДК 629.7

**Перспективные авиационные электроэнергетические комплексы и способы их реализации**

Спиридонов Е.Г., Зобов П.В., Золототрубов Д.Д.

ВУНЦ ВВС ВВА

**Аннотация:** На основе теории коллективного управления получил развитие многоагентный подход для создания системы управления перспективными электроэнергетическими комплексами. Новизна предлагаемой системы управления заключается в использовании программно-аппаратного «посредника» – агента между элементами ЭЭК и системы управления, а также в прогнозировании работы комплекса на краткосрочный и долгосрочный периоды времени

**Ключевые слова:** авиационные электроэнергетические комплексы, многоагентный подход, перераспределение энергии в комплексе, двунаправленный преобразователь, преобразование напряжения постоянного тока

В данной работе на основе теории коллективного управления получил развитие многоагентный подход для создания системы управления перспективными электроэнергетическими комплексами (ЭЭК). Предложенная система управления обладает высокими показателями по точности и времени принятия решения, надежности, легкости масштабирования (расширение системы в кратчайшие сроки); обеспечивает рациональное перераспределение электрической энергии между потребителями и источниками энергии, а также работу генерирующих установок, в том числе с применением альтернативных источников энергии, в номинальном режиме. Оригинальность разработанного многоагентного подхода в ЭЭК подтверждена патентом на полезную модель № RU 168811 U1 от 15.07.16.

Новизна предлагаемой системы управления заключается в использовании программно-аппаратного «посредника» – агента между элементами ЭЭК (генерируемые мощности, накопители энергии, потребители) и системы управления, а также в прогнозировании работы комплекса на краткосрочный и долгосрочный периоды времени.[1]

Структурная схема многоагентного подхода к управлению ЭЭК представлена на рисунке 1. и включает следующие элементы: двунаправленный преобразователь переменного тока в постоянный (A5), блок управления двунаправленным преобразователем (A10), включающий контрольноизмерительный блок, источник постоянного тока (A8) (например, солнечная батарея), накопитель энергии (A6), силовое (распределительное) устройство (A2), группа нагрузок (A3.1, A3.2), агент нагрузок (A4.1, A4.2), агент накопителя энергии (A7), агент источника постоянного тока (A9), агент окружающей среды (A11), агент моделирования (A12), источник переменного тока (магистральная сеть) (A1).

Рассматриваемая ЭЭК функционирует следующим образом. В процессе работы многоагентной системы управления агент нагрузки (A4.1, A4.2) собирает и непрерывно передает агенту моделирования (A12) информацию об уровне потребления электрической энергии в настоящий момент времени и его прогнозируемый график на

выбранный период времени. Аналогичным образом агент источника постоянного тока (A9) передает агенту моделирования информацию о текущем уровне генерируемой электроэнергии и его прогнозируемые значения на выбранный промежуток времени.

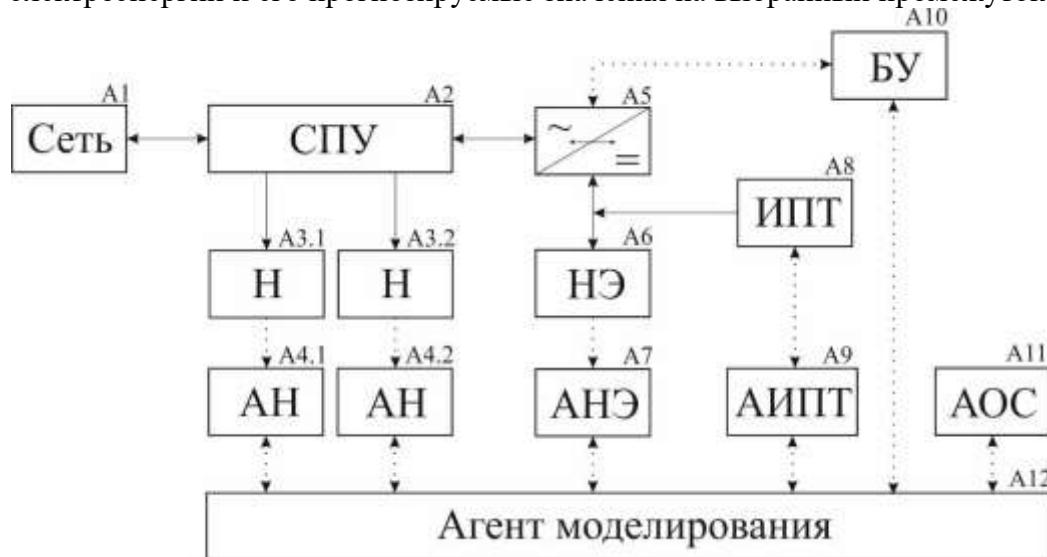


Рисунок 1.. - Структурная схема ЭЭК с многоагентным подходом к управлению

Ключевыми агентами, которые определяют оригинальность работы предложенной многоагентной системы, являются агент окружающей среды (A11) и агент моделирования (A12). Агент окружающей среды (A11) получает необходимую для процесса прогнозирования агентами нагрузки (A4.1, A4.2) и источника постоянного (A9) тока информацию о прогнозе погоды от метеорологических служб. При этом агент моделирования (A12) обрабатывает полученную от других агентов информацию, на основании которой перераспределяет электроэнергию в ЭЭК. [2]

Перераспределение энергии в комплексе осуществляется за счет двунаправленного преобразователя (A5) и накопителя энергии (A6), агент которого собирает информацию о текущем уровне накопленной энергии, прогнозирует возможные параметры работы накопителя энергии (время, скорость и уровень передачи накопленной энергии в систему и т.д.) на краткосрочный и долгосрочный периоды времени и передает агенту моделирования (A12).

Двунаправленный преобразователь с блоком управления (A10), обеспечивает преобразование напряжения постоянного тока в переменное для питания, наравне с источником переменного тока (магистральная сеть) (A1), в случае подключения к нему, потребителей (A4.1, A4.2), которые подключаются к системе через силовое (коммутационное) устройство (A2).

Вместе с тем при внедрении многоагентного подхода в систему управления ЭЭК не существует ограничений по типу и количеству используемых энергетических установок. [3]

Кроме того, неотъемлемой частью реализации многоагентного подхода в управлении ЭЭК является разработка программного продукта, что было сделано в рамках проведенной исследовательской работы. На программный продукт получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016617807 от 14.07.2016.

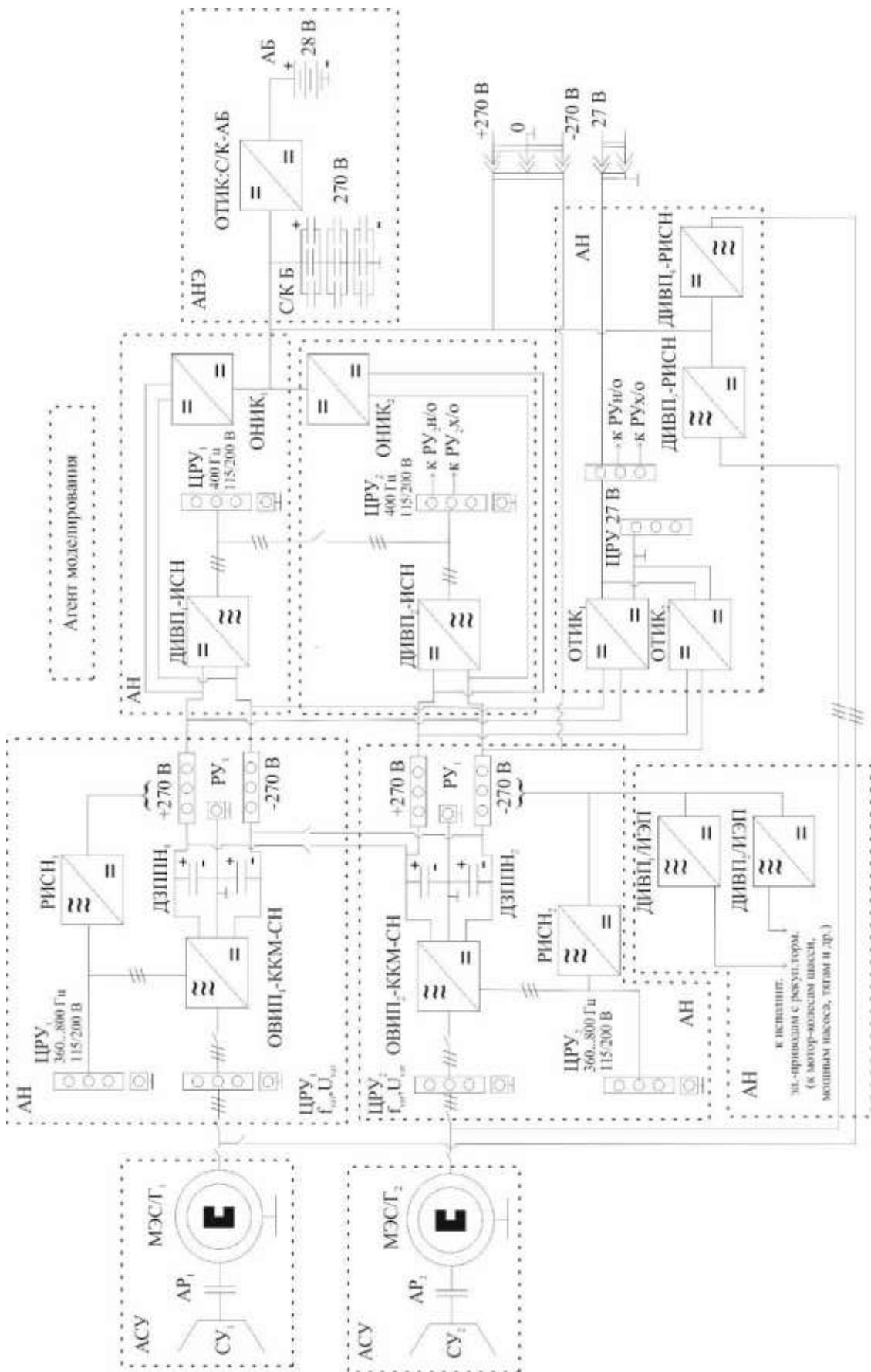


Рисунок 2. - Структурная схема ЭЭК БЭС с многоагентным подходом к управлению

Применение многоагентного подхода к авиационным электроэнергетическим комплексам подразумевает выделение следующих агентов: агент нагрузки (АН), агент силовой установки (АСУ), агент накопителей энергии (АНЭ) и агент моделирования. Данный подход позволяет прогнозировать различные режимы работы электроэнергетического комплекса при эксплуатации авиационной техники. На рисунке 2 представлена структурная схема ЭЭК БЭС с использованием многоагентного подхода к управлению.

Таким образом, предложенный многоагентный подход в ЭЭК позволяет за счет прогнозирования уровня генерации/потребления электрической энергии и разбиения системы управления на агенты рационально перераспределять электрическую энергию. Из вышеизложенного можно сделать следующий вывод - сравнительный анализ стратегий управления ЭЭК с большим количеством электроэнергетических установок и групп потребителей показал целесообразность использования коллективного группового управления, что обусловлено линейной зависимостью времени выработки решения от числа элементов в системе, высокой надежностью и точностью

#### Список литературы

1. Кудрин Б.И. Системы электроснабжения / Б.И. Кудрин. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 352 с.
2. Основы энергосбережения / Б.И. Врублевский [и др.] – Гомель: ЧУП ЦНТУ «Развитие», 2002. – 190 с.
3. Идельчик В.И. Электрические системы и сети / В.И. Идельчик. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.

УДК 62-135

#### Укрупненная классификация уплотнений для турбомашин сложных технических устройств

Спиридонов Е.Г., Скрипкин В.В., Гуртовой Е.Е.  
ВУНЦ ВВС ВВА

**Аннотация:** В зависимости от среды уплотнения делятся на жидкостные, газовые и газожидкостные. В качестве основных типов в укрупнённой классификации выделены контактные и бесконтактные уплотнения, а также уплотнения с податливыми (упругими) элементами. Статические, гидродинамические и разделительные уплотнения дополняют используемую классификацию. Важным классом уплотнений являются статические уплотнения, используемые для герметизации неподвижных соединений.

**Ключевые слова:** контактные и бесконтактные уплотнения, статические уплотнения, относительная скорость сопряжённых поверхностей, торцевые газодинамические уплотнения, укрупненная классификация уплотнений

Термин «уплотнительная техника» включает в себя многообразие устройств. Это затрудняет составление стандартизованной классификации уплотнений в компактной форме. Классификации уплотнений могут быть найдены в [1-8]. Основные типы уплотнений, применяемые в двигателях летательных аппаратов, освещаются в [2].

Следуя наиболее общей классификации, уплотнения можно разделить на:

- 1) уплотнения неподвижных соединений;
- 2) уплотнения подвижных соединений, сопряжённые поверхности которых совершают возвратно-поступательное или вращательное движение.

В зависимости от среды уплотнения делятся на жидкостные, газовые и газожидкостные. Примером газожидкостных уплотнений служат уплотнения узлов подшипников, работающие в условиях воздушно-масляной среды.

Укрупненная классификация уплотнений показана на рис. 1. Вторая классификация, в которой более подробно рассмотрены типы, представляющие интерес в рамках данной работы, приведена ниже.

В качестве основных типов в укрупнённой классификации выделены контактные и бесконтактные уплотнения, а также уплотнения с податливыми (упругими) элементами. Статические, гидродинамические и разделительные уплотнения дополняют используемую классификацию.

Важным классом уплотнений являются статические уплотнения, используемые для герметизации неподвижных соединений, например, в камерах сгорания, в системе подачи топлива, встыках различных элементов статора.

Разделительные уплотнения и устройства нашли широкое применение в подвижных соединениях, совершающих возвратно-поступательные движения, а также в специальных приложениях, в которых требуется высшая степень герметичности. К специальным приложениям можно также отнести магнитожидкостные уплотнения [8].

К классу контактных уплотнений подвижных соединений в данной работе относятся уплотнения, рабочие поверхности которых находятся в постоянном контакте на любом рабочем режиме. Уплотнения, рабочие элементы которых образуют (или могут образовывать) незамкнутую зону контакта, например, щёточные уплотнения, относятся в приведённой классификации к уплотнениям с податливыми элементами.



Рисунок 1. - Укрупнённая классификация уплотнений

Из-за отсутствия номинального (монтажного) зазора контактные уплотнения характеризуются минимальными утечками. Основным параметром, ограничивающим использование контактных уплотнений в подвижных соединениях, является относительная скорость сопряжённых поверхностей. Высокие скорости вращения приводят к повышенным потерям на трение, некомпенсируемому износу уплотнения, а

также к дополнительному выделению тепла. Все эти явления приводят к увеличению утечек и могут негативно влиять на ресурс уплотнения.

К важным типам контактных уплотнений подвижных элементов относятся торцовые уплотнения валов (осевые механические уплотнения), манжетные и сальниковые уплотнения (осевые и радиальные эластомерные уплотнения).

Принцип работы торцовых уплотнений сводится к механическому контакту между притёртыми сопряжёнными поверхностями. Рабочие поверхности торцовых уплотнений могут представлять собой как специальные вставки (шайбы), так и являться непосредственно элементами сопрягаемых деталей. В торцовых уплотнениях износ рабочих поверхностей компенсируется механическим элементом, например, пружиной.

Пружинные элементы также применяются в радиальных бесконтактных и контактных уплотнениях. Например, в [4] описан анализ сегментных уплотнений с браслетными и осевыми пружинами.

Перспективным направлениям развития торцовых уплотнений являются торцовые газодинамические уплотнения (ТГДУ), конструкции которых позволяют формироваться тонкой газовой плёнке, предотвращающей непосредственный механический контакт рабочих поверхностей во время работы (см. [5-8]).

Сопряжённые поверхности торцовых уплотнений выполняются из твердых антифрикционных материалов и должны отвечать жёстким требованиям по гладкости и отклонениям от формы. Данные факторы могут приводить к значительной стоимости изготовления таких уплотнений. Шайбы торцовых уплотнений выполняются из металла или графита. Используются специальные покрытия (например, карбид вольфрама). По сравнению с другими типами контактных уплотнений торцовые уплотнения могут применяться в более широких диапазонах рабочих скоростей, давлений и температур, имеют более длительный срок службы.

В эластомерных уплотнениях одна из сопряжённых поверхностей принадлежит упругому элементу, выполненному из высокоэластичного материала. Вследствие этого ко второй сопряжённой поверхности не предъявляются такие высокие требования по обработке как в случае торцовых уплотнений. Эластомерные уплотнения являются дешёвыми в изготовлении и демонстрируют высокую герметичность, но могут использоваться в довольно ограниченном диапазоне рабочих условий (перепад давления, окружная скорость, диаметр вала).

Эластичные кольца в уплотнительных узлах устанавливаются с натягом для обеспечения необходимого предварительного давления между сопряжёнными поверхностями. Определение рациональной величины натяга является одной из главных задач при проектировании эластомерных уплотнений. Малый натяг приведёт к повышенным утечкам. С другой стороны, слишком большой натяг может привести к повышенному истиранию, выделению тепла и, в итоге, к преждевременному выходу уплотнения из строя. Дополнительный натяг в манжетных уплотнениях обеспечивается за счёт уплотняемой среды в зоне высокого давления. Данный эффект достигается конструктивным исполнением.

Эластомерные уплотнения выполняются различной формы: с круглым, прямоугольным, крестообразным, V-, Г-, Т-образным сечением. Манжетные уплотнения могут иметь более сложную геометрию. Эластомерные уплотнения изготавливаются из резины, ткани, кожи, полимерных и других материалов. Также используются металлические манжеты. По аналогии с торцевым уплотнениями сальниковые и манжетные уплотнения могут устанавливаться совместно с пружиной, которая поджимает набивку уплотнения.

К контактным уплотнениям также можно отнести уплотнения с подвижными кольцами. Очень малый зазор между кольцом и валом обеспечивает малые утечки.

Зазоры кольца с элементами статора позволяют рабочему элементу свободно перемещаться в радиальном и осевом направлениях. При возникновении перепада давления кольцо прижимается к торцу элемента статора, обеспечивая необходимую герметизацию. Уплотнения с плавающими кольцами могут использоваться в качестве концевых уплотнений.

Работа гидродинамических уплотнений зависит от скорости вращения ротора. Сопряжённые поверхности гидродинамических уплотнений выполняются с канавками или образуют специальные каналы (спиральные и импеллерные уплотнения, вихревые уплотнения, центробежные уплотнения, гидравлический затвор). За счёт высокой скорости вращения в тракты гидродинамических уплотнений засасывается уплотняемая среда и создаётся противодавление, позволяющее уменьшить утечки среды из зоны высокого давления.

ТГДУ, указанные выше, и другие плёночные торцовые уплотнения, в которых в условиях высоких скоростей вращения вала сопряжённые поверхности могут разделяться тонким слоем уплотняемой среды, можно также отнести в категорию гидродинамических уплотнений.

Вторая классификация уплотнений турбомашин, в которой более подробно рассмотрены бесконтактные уплотнения и уплотнения с податливыми элементами, приведена на рис. 2.

При проектировании бесконтактных уплотнений конструктивно закладывается номинальный зазор между сопряжёнными поверхностями. На всех режимах работы сопряжённые поверхности бесконтактных уплотнений сохраняют небольшой зазор. Этим обуславливается главное преимущество бесконтактных уплотнений, заключающееся в отсутствии износа при штатных условиях эксплуатации. Поэтому различные конструкции бесконтактных уплотнений нашли широкое применение в высокоскоростных агрегатах.

К базовым типам бесконтактных уплотнений в классификации, показанной на рис. 2, отнесены щелевые, лабиринтные (лабиринтовые, гребешковые) и демпферные уплотнения.

В бесконтактных уплотнениях дросселирование потока происходит в первую очередь вследствие возникновения местных потерь на трение. Такие уплотнения (щелевые, лабиринтные) также иногда называют статическими уплотнениями, т. к. при работе не происходит значительного изменения площади открытого сечения в зазоре, и расходные характеристики незначительно зависят от скорости вращения вала.

Уплотнительные узлы с податливыми (упругими) элементами относятся к промежуточному классу между контактными и бесконтактными уплотнениями. В [2] для описания таких уплотнений используется термин «следящие уплотнения». В уплотнениях с податливыми элементами возможен непосредственный контакт сопряжённых поверхностей согласно заложенным конструктивным особенностям или из-за деформации податливых элементов под действием давления, но также возможно и раскрытие зазора из-за всплытия податливых элементов или уменьшения нагрузки. Поэтому контактная зона в таких уплотнениях характеризуется незамкнутостью и зависимостью от геометрических и рабочих параметров.

Уплотнения с податливыми элементами можно также называть динамическими, т. к. в процессе работы могут происходить значительные изменения величины номинального зазора.



Рисунок 2.- Классификация бесконтактных и податливых уплотнений

Уплотнения с абразивными покрытиями, выделенные в отдельный класс, представляют собой в первую очередь лабиринтные уплотнения и уплотнения с податливыми элементами, используемые совместно со специальными напылениями на сопряжённые поверхности или с прирабатываемыми покрытиями. Примером последнего является комбинация лабиринтного уплотнения с гребешками на роторе и сотового уплотнения на статоре. В этом случае процесс приработки заключается в образовании канавок в сотах, изготовленных из мягкого материала, вследствие лёгкого контакта с гребешками.

Приведённые на рис. 1 и рис. 2 классификации уплотнений допускают различные комбинации отдельных блоков. Например, гладкое щелевое уплотнение может быть, как цилиндрическим, так и конфузорным или диффузорным; лабиринтное уплотнение может быть установлено совместно с сотовым уплотнением; манжета может комбинироваться с гидродинамическим уплотнением и т. д. Также известны примеры последовательной установки контактных и бесконтактных уплотнений для обеспечения герметизации на всех режимах работы.

Щёточные уплотнения, а также некоторые другие типы уплотнений из классификации, показанной на рис.2, подробно рассмотрены в последующих разделах текущей главы.

В литературе также встречается использование термина «щёточное уплотнение» для узлов с жёсткими щёточными элементами, изготовленными с помощью технологии импульсной электрохимической обработки [4,5]. При этом уплотнительный элемент выполняется в виде вставок или непосредственно на торце пера лопатки.

Список литературы

1. Скубачевский Г. С. Авиационные газотурбинные двигатели. Конструкция и расчет деталей. — 4-е изд. — М.: Машиностроение, 1974. — 520 с.
2. Торцовые газодинамические уплотнения / С. В. Фалалеев [и др.]. — Самара : Самарский научный центр Российской академии наук, 2013. — 300 с.
3. Устинов Д. Е. Влияние радиальных уплотнений на динамику высокоскоростных роторов на подшипниках скольжения с криогенной смазкой: Дисс... канд. техн. наук / Устинов Д. Е. — Орел, 2001. — 282 с.
4. Фалалеев С. В., Зрелов В. В. Математическая модель щеточного уплотнения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2009. — Т. 11, № 3. — С. 192—196.
5. Фалалеев С. В., Чегодаев Д. Е. Торцовые бесконтактные уплотнения двигателей летательных аппаратов: Основы теории и проектирования. — М. : МАИ, 1998. — 276 с.
6. Rhode D. L., Hensel S. J., Guidry M. J. Labyrinth seal rotordynamic forces using a three-dimensional Navier-Stokes code // Journal of Tribology. — 1992. — Vol. 114. — Pp. 683–689.
7. Rhode D. L., Ko S. H., Morrison G. L. Leakage optimization of labyrinth seals using a Navier-Stokes code // Tribology Transactions. — 1994. — Vol. 37, no. 1. — Pp. 105–110.
8. Rotordynamic coefficients and leakage flow of parallel grooved seals and smooth seals / R. Nordmann [et al.] // Rotordynamic Instability Problems in High-Performance Turbomachinery. — Texas A & M University, USA, 1986. — Pp. 129–153.

УДК 62-135

**Роторные машины двигателей летательных аппаратов и роль уплотнительных узлов в повышении экономичности и экологичности**

Спиридонов Е.Г., Зобов П.В., Гуртовой Е.Е.

ВУНЦ ВВС ВВА

**Аннотация:** Важнейшими компонентами роторных машин являются, помимо самих роторов, подшипниковые и уплотнительные узлы. Данные элементы напрямую влияют на коэффициент полезного действия агрегата, его работоспособность, надёжность, ресурс и экологичность. Подшипники воспринимают нагрузку, действующую на вал, и обеспечивают его вращение. Уплотнения предназначены для уменьшения утечек и контроля за расходом газовых и жидкостных сред между различными частями машины

**Ключевые слова:** роторные машины, экономичность и экологичность, уплотнительные узлы, щёточные уплотнения, динамические характеристики.

Важнейшими компонентами роторных машин являются, помимо самих роторов, подшипниковые и уплотнительные узлы. Данные элементы напрямую влияют на коэффициент полезного действия агрегата, его работоспособность, надёжность, ресурс и экологичность. Подшипники воспринимают нагрузку, действующую на вал, и обеспечивают его вращение. Уплотнения предназначены для уменьшения утечек и контроля за расходом газовых и жидкостных сред между различными частями машины.

Увеличение коэффициента полезного действия, повышение требований к экономичности и экологичности для современных роторных машин имеют результатом стремление к уменьшению зазоров и повышению рабочих параметров в уплотнениях. При этом сокращение утечек рабочего тела является одним из важнейших направлений дальнейшего развития технологий турбомашиностроения. По сравнению с другими мерами повышения КПД (например, новая лопаточная часть) использование усовершенствованных конструкций уплотнительных узлов как в новых агрегатах, так и при проведении модернизации эксплуатирующихся агрегатов может являться более рациональным с экономической точки зрения решением.

В газотурбинных двигателях (ГТД) уплотнительные узлы напрямую влияют на осевые размеры двигателя, его массу и удельный расход топлива. Например, увеличение радиального зазора на 1% по венцу рабочих лопаток в турбине и в компрессоре ГТД приводит к возрастанию удельного расхода топлива на 1.5...2.0% и 1.5...3.0% соответственно [30]. В паровых турбинах замена лабиринтных уплотнений щёточными может повысить КПД ступени на 0.5...1.2% для турбин большой мощности и на 0.2...0.4% для промышленных турбин [1].

Наряду с требованиями по утечкам также должны выполняться условия по ресурсу, тепловыделению и потерям на трение в узле. В зависимости от приложения ожидаемый ресурс уплотнительных узлов лежит в диапазоне от 3 до 10000 часов.

Типы опор и уплотнений, а также компоновка роторной системы являются факторами, определяющими динамическое поведение роторной машины. Малые зазоры и высокие перепады давлений в уплотнениях могут приводить к возникновению значительных аэродинамических и механических сил, которыми нельзя пренебречь при анализе динамического поведения роторной системы. К тому же, по сравнению с подшипниками, уплотнения часто находятся на позициях по оси вала, на которых могут возникать максимальные амплитуды колебаний ротора. Поэтому другой важной задачей является исследование динамических характеристик уплотнений.

В применении к уплотнительным узлам авиационных двигателей экстремальными рабочими условиями являются нижеследующие [266].

- Температура газа до 815°C.
- Давление газа до 17 атм.
- Линейная скорость ротора до 460 м/с.

Основными задачами при выполнении проектировочных и поверочных расчётов уплотнений турбомашин являются определение нижеследующих характеристик.

- Расход в зависимости от рабочих параметров.
- Тепловыделение и потери на трение.
- Деформация элементов уплотнения.
- Изменение зазора вследствие различных факторов.
- Влияние уплотнения на динамику роторной системы.
- Износ и ресурс уплотнительного узла.

Основная часть нашего исследования посвящена обобщению результатов проведённого обзора литературы в области уплотнений и смежных темах. Приведённый обзор не претендует на полноту, т. к. число публикаций по данной теме очень велико, и каждый год выходят десятки новых работ. При проведении обзора акцент был поставлен на научные публикации, непосредственно соприкасающиеся с предметом исследования. Некоторые результаты обзора были опубликованы в [2,3].

Современное состояние технологий опорных и уплотнительных узлов освещено в ряде справочных изданий [4,5]. Существует также целый ряд специализированных книг по бесконтактным уплотнениям [6-8]. Общим вопросам динамики роторов, включая влияние уплотнений, посвящены следующие работы [9-13].

Среди регулярно проводимых международных научно-технических конференций, покрывающих темы по уплотнениям и динамике роторов, можно отметить следующие: AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference, ASME Turbo Expo, IFToMM International Conference on Rotor Dynamics, IMechE International Conference on Vibrations in Rotating Machinery, International Symposium on Transport Phenomena and Dynamics of Rotating Machinery, Texas A&M University Turbomachinery Symposium.

Проведённый анализ публикаций по щёточным уплотнениям, используемым в турбомашиностроении, позволяет вывести ниже следующие основные заключения.

Щёточные уплотнения значительно превосходят стандартные лабиринтные уплотнения в минимизации утечек.

Наличие подвижных упругих элементов (волокон) делает поведение щёточного уплотнения довольно сложным, зависящим от геометрических параметров, а также механического и аэродинамического состояния уплотнительного узла.

Правильный выбор конструкции щёточного пакета и рабочих параметров уплотнительного узла позволяет ограничить износ волокон. В ряде работ отмечаются возможные проблемы с неустойчивым поведением щёточных уплотнений и с неудовлетворительной воспроизводимостью рабочих характеристик.

Динамические характеристики щёточных уплотнений и их влияние на динамику ротора являются практически неисследованной областью. Небольшое число лабораторных исследований демонстрировало в целом благоприятные динамические коэффициенты жёсткости и демпфирования щёточных уплотнений. Однако опыт использования щёточных уплотнений в натурных условиях говорит о возможном ухудшении динамики системы.

Волокна щёточного уплотнения изготавливаются, как правило, из жаропрочных сплавов. Применение синтетического волокна позволяет достигать дополнительное уменьшение утечек, связанное с использованием нити меньшего диаметра. Однако недостаточная жёсткость набора синтетических волокон затрудняет восстановление пакета после деформации. По сравнению с металлическими щёточными пакетами синтетическое волокно имеет ограничение на максимально допустимую температуру.

При моделировании широкое распространение получили подходы, в которых щёточный пакет представляется как пористая среда. Главным ограничением при этом является пренебрежение механическими характеристиками волокон. Использование связанных моделей механики и аэrodинамики с дискретной структурой щёточного пакета осложняется большим количеством волокон в типичном щёточном уплотнении.

В настоящее время также идет активная работа по разработке и анализу систем пассивного и активного контроля и управления за зазорами в трактах двигателей летательных аппаратов (ДЛА) и других типах турбомашин. Использование конструкций уплотнений с податливыми элементами в таких системах является одним из перспективных направлений.

#### Список литературы

1. Автоматизированное проектирование роторных машин /Л. А. Савин [и др.]. — М. : Машиностроение-1, 2006. — 360 с.
2. Алгебраический многосеточный метод в задачах вычислительной физики / К. Н. Волков [и др.] // Вычислительные методы и программирование. — 2014. — Т. 15, № 2. — С. 183—200.
3. Анализ влияния характеристик уплотнений в системе внутреннего воздухоснабжения на параметры эффективности АД и ЭУ / А. С. Виноградов [и др.] // Вестник Воронежского государственного технического университета. — 2011. — № 5. — С. 167—170.

4. Горелов Г. М., Резник В. Е., Цибизов В. И. Экспериментальное исследование расходных характеристик щеточного уплотнения и сравнение с лабиринтным уплотнением // Известия Вузов.Авиационная техника. — 1988. — Т. 31, № 4. — С. 43—46.
5. Динамика роторов со щелевыми уплотнениями / А. В. Давыдов [и др.] // Вестник Воронежского государственного технического университета. — 2013. — 5-1. — С. 75—81.
6. Динамическое щеточное уплотнение, турбина, содержащая такое уплотнение, и газотурбинный двигатель : RU 2454558 C2 / Д. Ж. Плона. — Заявл. 27.06.2008.
7. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. — Дрофа, 2003. — 840 с.
8. Ломакин А. А. Расчет критического числа оборотов и условия обеспечения динамической устойчивости роторов высоконапорных гидравлических машин с учетом сил, возникающих в уплотнениях // Энергомашиностроение. — 1958. — Т. 4. — С. 1—5.
9. Маннапов А. Р., Зайцев А. Н. Технологические показатели электрохимического формирования вставок щеточных уплотнений // Вестник УГАТУ. — 2008. — Т. 11, 2 (29). — С. 131—138.
10. Марцинковский В. А. Бесконтактные уплотнения роторных машин. — М. : Машиностроение, 1980. — 200 с.
11. Никитин Г. А. Щелевые и лабиринтные уплотнения гидроагрегатов. — М. : Машиностроение, 1982. — 135 с.
12. Опыт применения щеточных уплотнений в турбине двигателя Д-27 / Ю. В. Рублевский [и др.] // Авіаційно-космічна техніка і технологія. — 2003. — № 5. — С. 93—97.
13. Перевезенцев С. В. Совершенствование сотовых уплотнений осевых турбин: Дисс... канд. техн. наук / Перевезенцев С. В. — Брянск, 2001. — 134 с.

УДК 661.935

**Анализ способов получения водорода и возможности его использования в труднодоступных районах Российской Федерации**

Тинаев В.И., Козлов А.В.

*ВУНЦ ВВС ВВА*

**Аннотация:** В статье проведен анализ способов получения водород и предложены способы добычи и обеспечения водородом различных хозяйственных объектов в труднодоступных районах Российской Федерации.

**Ключевые слова:** водород, топливо, электролиз, получение, применение.

Водород является одним из наиболее распространённых веществ на Земле - его доля составляет 0,88% от массы всех трёх оболочек земной коры: атмосферы, гидросфера и литосфера. Практическое применение водорода многообразно: им обычно заполняют шары-зонды, в химической промышленности он служит сырьём для получения многих весьма важных продуктов (аммиака и др.), в пищевой - для выработки из растительных масел твёрдых жиров и т. д. Высокая температура (до 2600 °C), получающаяся при горении водорода в кислороде, используется для плавления тугоплавких металлов, кварца и т. п. Жидкий водород является одним из наиболее эффективных реактивных топлив. Ежегодное мировое потребление водорода превышает 1 млн. т [1].

В современном мире водородная энергетика считается одной из самых перспективных и быстроразвивающихся отраслей. Рабочим топливом всех агрегатов водородной энергетики, является чистый водород. Водород хоть и является самым распространенным элементом на Земле, но найти его в чистом виде практически невозможно. Насчитываются десятки методов производства водорода из различных источников.

Как перспективный источник энергии водород способен заменить нефть и уголь. Эффективность водорода как горючего обусловлена тем, что теплота его сгорания втрое выше, чем у нефти. Высокая степень чистоты продуктов его сгорания [2]. Перспективность применения водорода для автомобильных двигателей определяется прежде всего экологической чистотой, неограниченностью и возобновляемостью сырьевых запасов, относительно низкими затратами на транспортировку и, наконец, уникальными моторными свойствами, что открывает возможности его широкого применения как в современных автомобильных двигателях без их коренной перестройки, так и в принципиально новых транспортных энергоустановках с прямым преобразованием энергии типа электрохимических генераторов тока.

Использование водорода в качестве моторного топлива может осуществляться путем применения:

- самого водорода;
- водорода совместно с традиционными нефтяными топливами;
- водорода как топлива в топливных элементах.

Использование водорода в качестве топлива для автомобильных двигателей связано с довольно обширным кругом вопросов:

- разработка наиболее эффективных способов преобразования химической энергии водорода в энергию движения автомобиля;
- разработка безопасных и эффективных способов хранения водорода на борту автомобиля;
- решение ряда самостоятельных вопросов, прямо не связанных с автомобилями, но без учета которых идея перехода на водород неосуществима. Это проблемы получения водорода в необходимых количествах, его транспортировки и хранения, создания инфраструктуры, обеспечивающей эксплуатацию автомобильного транспорта на водороде.

Заместитель министра энергетики России Павел Сорокин, выступая на коллегии Минэнерго, говорил, что Россия планирует интенсивно наращивать экспорт водорода и к 2030 году занять 20–25% мирового рынка торговли водородом. В 2035 году страна будет экспортовать 2–7 млн т, а в 2050 году — уже до 33,4 млн т водорода, сообщает ТАСС.

В настоящее время существует проблема получения - газообразного водорода в значительных количествах и достаточно дешёвыми методами. Водород широко распространён в природе, однако вследствие своей химической активности находится в связанном состоянии. Основные источники получения водорода – это углеводородные соединения: нефть, уголь, природные и попутные газы, а также вода.

В атмосферном воздухе содержание водорода очень мало, поэтому из воздуха водород не добывается.

При выборе метода получения водорода необходимо учитывать ряд факторов. Так, при применении относительно дешёвого метода получения водорода из угля, нефти, природного газа получается продукт с большим содержанием примесей и требуется громоздкое оборудование для его очистки. Электролизный метод получения водорода из воды дорогой, но позволяет получить водород высокой чистоты, пригодный для

непосредственного применения в различных установках. Методы получения водорода представлены в таблице 1, которая описывает некоторые методы синтеза водорода.

Важнейшие методы получения водорода.

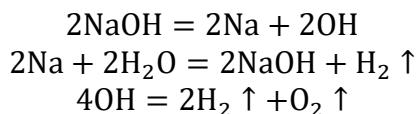
Важным фактором при выборе метода получения, является требуемое количество водорода. При малом потреблении вполне приемлем электролизный метод; для крупного производства выгоднее получать водород из углеводородов.

При больших объемах потребления в настоящее время применяются в основном следующие способы получения газообразного водорода: каталитическая конверсия углеводородов и метод неполного окисления углеводородов.

Метод	Первичный материал / первичная энергия	Краткое описание процесса
Электролиз (Electrolysis)	Вода / Электрическая	При пропускании электрического тока через воду, происходит электрохимическая реакция расщепления воды на $O_2$ и $H_2$
Термолиз (Thermolysis)	Вода / Электрическая	Термическое разложение воды (пара) при температурах выше 2500 К
Термохимический процесс расщепления воды (Thermoschemical water splitting)	Вода / Термическая	Химические реакции разделения воды на $H_2$
Преобразование биомассы (Biomas conversions)	Биомасса / Термическая	Термокатализитическая конверсия
Газификация биомассы (Biomass gasification)	Биомасса / Термическая	Преобразование биомассы в синтез-газ
Реформинг биомассы (Biomass reforming)	Биомасса / Термическая	Преобразование жидкой биомассы (биотоплива) в $H_2$
Фотоэлектрический электролиз (PV- electrolysis)	Вода / Фотонная	Фотоэлектрические панели используются для выработки электроэнергии, для электролиза воды
Высокотемпературный электролиз (High temperature electrolysis)	Вода / Электрическая + тепловая	+ Электрическая и тепловая энергия используются вместе для разделения воды при высоких температурах
Газификация угля (Coal gasification)	Ископаемое топливо Электрическая + тепловая	Преобразования угля в синтез-газ
Искусственный фотосинтез (Artifical photosynthesis)	Биомасса + Вода Фотонная + Биохимическая	Сконструированные системы имитируют фотосинтез для получения $H_2$

В результате электролиза воды получается наиболее чистый водород. Однако этот метод самый энергоёмкий. Электрохимический способ получения  $H_2$  основан на применении водных растворов щелочей с высокой электропроводностью. Под действием постоянного электрического тока молекулы воды диссоциируют, при этом образуются положительно и отрицательно заряженные ионы  $H_3O^+$  и  $OH^-$ . На полюсах ионы разряжаются, при этом на катоде выделяется водород, а на аноде - кислород.

При применении электролита-щелочи имеем следующие реакции:



Широко распространены электролизеры типа фильтр-пресса с биполярными электродами.

В качестве электродов используют стальные листы, к которым с одной стороны крепят катод, с другой - анод. Для улучшения циркуляции электролита используют перфорированные электроды. Диафрагмы из асбестовой ткани служат для разделения продуктов электролиза. Для уплотнения и изоляции применяют прокладки из паронита. Число отдельных секций (ячеек) колеблется от нескольких десятков до сотен. Мощный электролизер В500 имеет по водороду производительность 500 м<sup>3</sup>/ч (по кислороду 250 м<sup>3</sup>/ч), массу (без электролита) 97 т, размеры 13x2,6x6,4 м, потребляет энергии 2750 кВт.

Также водород можно получать при нефтепереработке, в результате которой образуются газы с содержанием до 25 % H<sub>2</sub>. H<sub>2</sub> можно получить разложением аммиака, ацетилена и т.д. Получение H<sub>2</sub> из углеводородов вообще-то нецелесообразно, т.к. они сами могут быть использованы как источник энергии. В будущем основным продуктом для получения водорода станет вода, из которой можно извлекать и H<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> [1].

Недостатки основных способов получения водорода.

1. Конверсия углеводородов – Маломасштабные устройства не имеют коммерческого значения; конечный продукт содержит примеси, требуется газоочистка; выбросы двуокиси углерода; первичное топливо может использоваться непосредственно;

2. Газификация твердого горючего и биомассы – Маломасштабные устройства редки; конечный продукт требует интенсивной очистки перед использованием; конкуренция с синтетическими топливами из биомассы и угля;

3. Термохимические и комбинированные циклы – Процесс сложен, еще не имеет коммерческого значения, требуются долговременные исследования (порядка 10 лет) материалов, усовершенствования химической технологии; требуется высокотемпературный ядерный реактор (ВТЯР) или солнечные концентраторы;

4. Биохимические процессы – Малая скорость накопления водорода; требуются большие площади; наиболее подходящие объекты еще не найдены.

Электролизный способ добычи водорода.

Электролиз воды один из хорошо исследованных методов получения водорода. Он обеспечивает получение чистого продукта (99,6-99,9% H<sub>2</sub>) в одну технологическую ступень. Экономика процесса в основном зависит от стоимости электроэнергии. В производственных затратах на получение водорода стоимость электрической энергии составляет примерно 85%.

Этот метод получил применение в ряде стран, обладающих значительными ресурсами гидроэнергии. Наиболее крупные электрохимические комплексы находятся в Канаде, Индии, Египте, Норвегии, но созданы и работают более тысячи мелких установок во многих странах. Важен этот метод и потому, что он является наиболее универсальным в отношении использования первичных источников энергии. В связи с развитием атомной энергетики возможен новый расцвет электролиза воды на базе дешевой энергии атомных электростанций.

Электрохимический метод получения водорода из воды обладает следующими положительными качествами:

– высокая чистота получаемого водорода - до 99.9%;

– простота технологического процесса, его непрерывность, возможность наиболее полной автоматизации, отсутствие движущихся частей в электролитической ячейке;

– возможность получения ценнейших побочных продуктов - тяжелой воды и кислорода;

– общедоступное сырье - вода;

– гибкость процесса и возможность получения водорода непосредственно под давлением;

– физическое разделение водорода и кислорода в самом процессе электролиза.

Хранение водорода является одной из главных проблем развития водородной энергетики. В настоящее время существуют следующие технологии хранения водорода:

1. Хранение сжатого газообразного водорода в резервуарах высокого давления;

2. Хранение газообразного водорода при обычном и повышенном давлении в подземных хранилищах;

3. Хранение жидкого водорода;

4. Хранение водорода в виде гидридов;

5. Хранение водорода в носителях;

6. Хранение водорода в микросферах;

7. Хранение водорода в капиллярных структурах [3].

В СССР ОАО «Криогенмаш», ОАО «Гелиймаш», ОАО «Уралкриомаш», институтами РАН, ГИАП и другими была создана инфраструктура снабжения страны жидким водородом, прежде всего для ракетно-космических программ [2]. Были разработаны, изготовлены и введены в эксплуатацию установки охлаждения производительностью 180 кг/ч параводорода (НИИХиммаш в г. Сергиев-Посад, ПО «Электрохимпром» в г. Чирчик). Данные охлаждающие установки сконструированы по дроссельному холодильному циклу высокого давления (15 МПа), в которых задействованы три ступени предварительного охлаждения (жидкие аммиак, азот и азот, кипящий под вакуумом). Улучшение таких установок осуществлялось путем включения в схему турбодетандеров и аппаратов ортопара-конверсии на температурных уровнях от жидкого азота до жидкого водорода. В ОАО «Криогенмаш» разработаны проекты установок ОВ-04 и ОВ-06 производительностью 400 и 700 кг/ч с удельными затратами 22,4 и 21,7 кВт•ч/кг продукта соответственно, которые так и не реализовались. В международной практике для охлаждителей водорода удельный расход энергии составляет 13-16 кВт•ч/кг. Аналогичные показатели создаются в установках с применением азотного охлаждения, двух детандерных ступеней и четырех ступеней ортопара-конверсии. Исследования, выполненные в ОАО «Криогенмаш», показали, что подобные характеристики по энергозатратам получаются при использовании гелиевого холодильного цикла.

Для применения водорода в качестве горючего необходимо разработать способы получения дешёвого газообразного водорода из воды, создать эффективные типы криогенных установок для его сжижения, разработать лёгкие и надёжные системы заправки и хранения жидкого водорода на транспортных объектах.

В отдаленных районах страны водород в технике может применяться при стационарном базировании объектов потребления водорода или в логистически труднодоступных районах [4]. При стационарном базировании и при размещении в полевых условиях наиболее предпочтительным способом получения водорода будет электрохимический способ получения газообразного  $H_2$ , основанный на применении водных растворов щелочей с высокой электропроводностью, хранение и транспортирование водорода возможно в сжиженном и газообразном состоянии.

### Библиографический список

1. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справочн. изд. под ред. Гамбурга Д.Ю., Дубровина Н.Ф. – М.: Химия, 1989. – С. 672.
2. Теплотехника: Учебник для вузов/А.М. Архаров, И.А. Архаров, В.Н. Афанасьев и др.; Под общ.ред. А.М. Архарова, В.Н. Афанасьева.-2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – С.76.
3. Алексеева О.К., Козлов С.И., Самсонов Р.О., Фатеев В.Н. Системы хранения водорода // Транспорт на альтернативном топливе. 2009, №4(10). С. 68-74.
4. Рубан И.С., Мосолов А.В., Трубников Д.В., Козлов А.В. Возможности хранения и транспортирования водорода для применения в Воздушно-космических силах // Сборник научных статей по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции в рамках Всероссийского форума с международным участием «Перспективы развития видов обеспечения Военно-воздушных сил» (15–17 марта 2023 г.). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2023. С. 518-523.

УДК 621.332.6

### Схемы питания и секционирования контактной сети

Филатов Д.А., Климентов Н.И.  
Филиал РГУПС в г. Воронеж

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы, связанные с необходимостью секционирования контактной сети и схемы секционирования. Приведен пример питания и секционирования контактной сети железнодорожной станции.

*Ключевые слова:* контактная сеть, питание, секционирование, схемы секционирования

Секционирование контактной сети — электрическое разделение контактной сети на отдельные участки (секции), электрически изолированные один от другого изолирующими сопряжениями анкерных участков или секционными изоляторами. Изоляция может быть нарушена во время прохода токоприёмника электроподвижного состава по границе раздела секций; если такое замыкание недопустимо (при питании смежных секций от разных фаз, при принадлежности их к различным системам тягового электроснабжения), то между секциями размещают нейтральные вставки. В условиях эксплуатации электрические соединения отдельных секций осуществляют включением секционных разъединителей, установленных в соответствующих местах.

Секционирование контактной сети необходимо также для обеспечения надёжной работы, оперативного технического обслуживания и ремонта контактной сети с отключением напряжения. Схема секционирования контактной сети предусматривает такое взаимное расположение секций, при котором отключение одной из них в наименьшей степени влияет на организацию движения поездов.

Секционирование контактной сети бывает продольным и поперечным. При продольном секционировании осуществляют разделение контактной сети каждого главного пути вдоль электрифицированной линии у всех тяговых подстанций.

В отдельные продольные секции выделяют контактную сеть перегонов, станций, разъездов и обгонных пунктов. На крупных станциях, имеющих несколько электрифицированных парков или групп путей, контактная сеть каждого парка или группы путей образует самостоятельные продольные секции. На очень крупных станциях иногда выделяют в отдельные секции контактную сеть одной или обеих

горловин. Секционируют также контактную сеть в протяжённых тоннелях и на некоторых мостах с ездой понизу.

При поперечном секционировании осуществляют разделение контактной сети каждого из главных путей на всём протяжении электрифицированной линии. На станциях, имеющих значительное путевое развитие, применяют дополнительное поперечное секционирование. Число поперечных секций определяется числом и назначением отдельных путей.

Секционирование с обязательным заземлением контактной сети отключаемой секции предусматривают для путей, на которых возможно нахождение людей на крышах локомотивов или вагонов, или путей, вблизи которых постоянно работают какие-либо подъёмно-транспортные механизмы. К таким путям относятся погрузочно-разгрузочные, пути отстоя электроподвижного состава, пути для экипировки электровозов, пути электродепо и др. Для обеспечения большей безопасности людей, работающих в указанных местах, соответствующие секции контактной сети соединяют с другими секциями секционными разъединителями с заземляющими ножами, которые заземляют отключаемые секции при отключении разъединителей.

Для уменьшения влияния проведения работ на контактной сети на организацию движения поездов при её ремонтах на перегонах иногда применяют временное секционирование контактной сети. Для этого не изолирующие сопряжения анкерных участков, расположенные с одной или с обеих сторон зоны производства ремонтных работ, перемонтируют в изолирующие сопряжения и устанавливают шунтирующие перемычки, снимаемые на время выполнения работ.

На рисунке 1 приведена схема питания и секционирования станции, расположенной на двухпутном участке линии, электрифицированной на переменном токе.

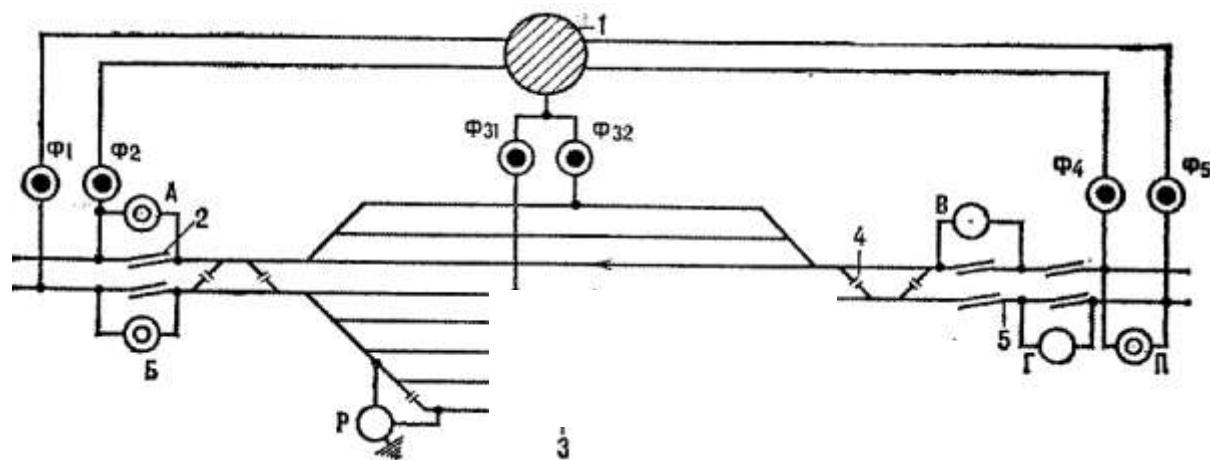


Рисунок 1 – Схема питания и секционирования станции

- 1 – тяговая подстанция;
  - 2 – изолирующее сопряжение анкерных участков;
  - 3 – путь для погрузки и выгрузки вагонов;
  - 4 – секционный изолятор;
  - 5 – нейтральная вставка;

А,Б – продольные секционные разъединители с двигателевыми приводами, нормально-отключённые;

## Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

В,Г – продольные секционные разъединители с ручными приводами, нормально-отключённые;

П – поперечный секционный разъединитель с двигателевым приводом, нормально-отключённый;

Ф1, Ф2, Ф4, Ф5, Ф31, Ф32 – фидерные секционные разъединители с двигательными приводами, нормально-включённые;

Р – секционный разъединитель с ручным приводом и заземляющим ножом, нормально-отключённый.

На схеме рисунка 1 показаны семь секций — четыре на перегонах, примыкающих к станции (на рисунке 1 показаны частично), и три на станции (одна из них с обязательным заземлением при её отключении).

На станции расположена тяговая подстанция, от которой отходят пять фидеров — четыре для контактной сети перегонов и один для станции. Контактная сеть левых перегонов и станции получает питание от одной фазы энергосистемы, а правых перегонов — от другой фазы. Поэтому секционирование контактной сети с левой стороны станции осуществлено с помощью изолирующих сопряжений анкерных участков, а с правой стороны применены ещё и нейтральные вставки. На участках, где осуществляется плавка гололёда, на каждой нейтральной вставке устанавливают два секционных разъединителя с двигательными приводами. Если плавка гололёда не предусматривается, то достаточно одного секционного разъединителя с ручным приводом.

На рисунке показаны нормальные положения секционных разъединителей, которые при необходимости (по приказу энергодиспетчера) могут быть изменены. Например, для ремонта контактной сети на какой-либо станции пути отключают разъединитель Ф31 или Ф32. Для ремонта фидерной линии с левой стороны станции линию обесточивают на тяговой подстанции и отключают секционный разъединитель Ф1 или Ф2. Чтобы сохранить двустороннее питание контактной сети перегона, включают разъединитель А или Б. Для ремонта фидера с правой стороны станции эту линию отключают, как сказано выше, а для восстановления двустороннего питания контактной сети перегона включают секционный разъединитель П. Разъединитель Р включают только при въезде или выезде поезда на крайний путь для погрузки или выгрузки. В остальное время этот разъединитель находится в отключённом положении, и контактная сеть над крайним путём заземлена.

В качестве примера, на рисунке 2 приведена схема питания и секционирования контактной сети одной из станций полигона Юго-Восточной железной дороги.

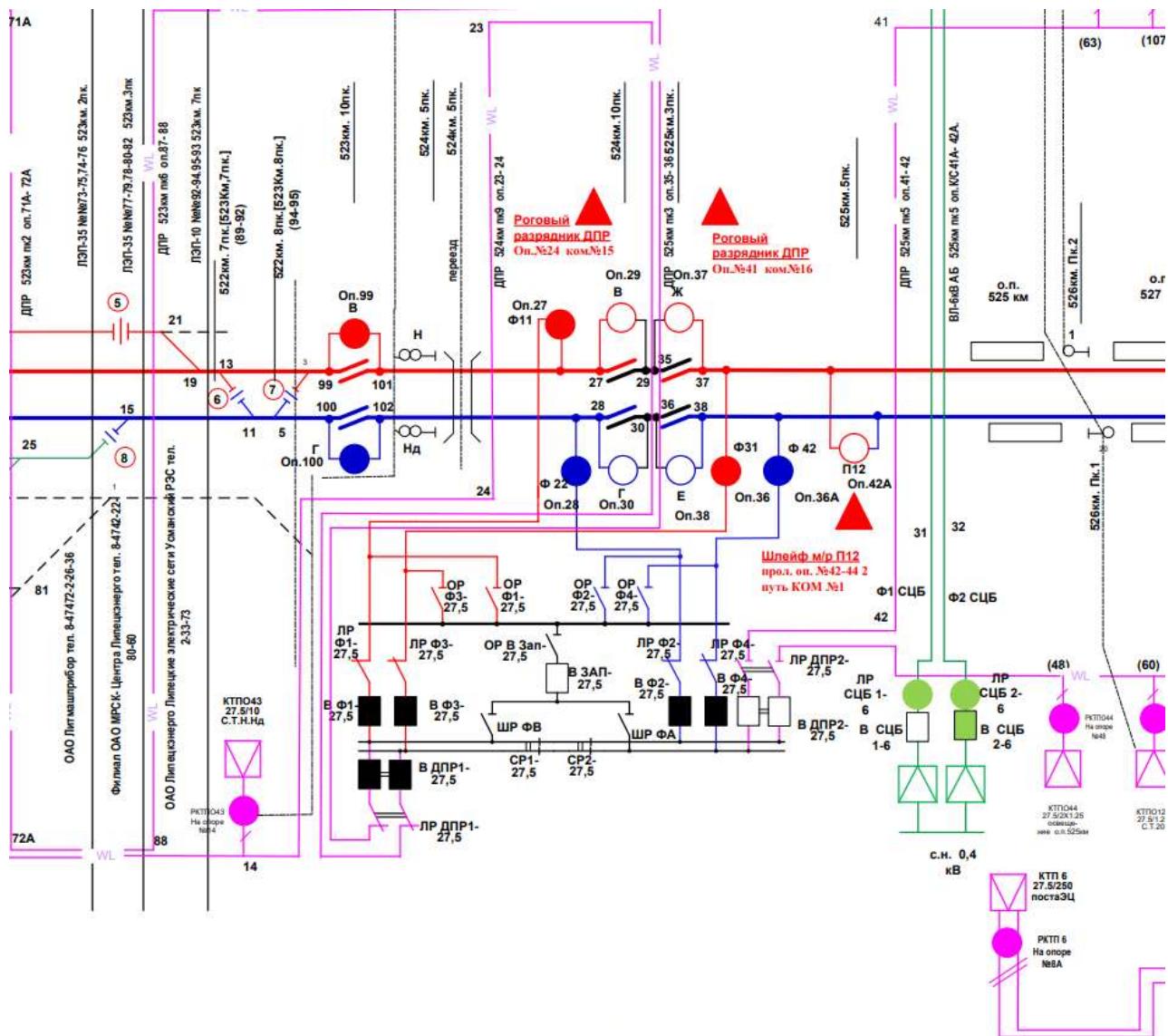


Рисунок 2 – Пример схемы контактной сети железнодорожной станции

При разработке схем питания и секционирования контактной сети электрифицированной железнодорожной линии используют принципиальные схемы секционирования, разработанные на основе опыта эксплуатации, с учетом затрат на сооружение контактной сети.

Транспромэк 2025, Воронеж, 19 ноября 2025г.

**ТРУДЫ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта,  
промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2025)»  
(Воронеж, 19 ноября 2025г.)**

**Отпечатано: филиал РГУПС в г. Воронеж  
г. Воронеж, ул. Урицкого 75А  
тел. (473) 253-17-31**

**Подписано в печать 25.11.2025 Формат 21x30 ½  
Печать электронная. Усл.печ.л. – 18,6**