

ISSN 1818-5509

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

**ТРУДЫ
РОСТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

Научно-технический журнал

**№ 1 (70)
2025**

Ростов-на-Дону

ТРУДЫ
Ростовского государственного университета
путей сообщения

2025
№ 1 (70)

Научный журнал.
Регистрационный номер
ПИ № ФС77-79264 от 16 октября 2020 г.
Федеральной службы по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Издается с ноября 2005 г.

В журнале размещены материалы, рекомендованные к публикации оргкомитетом по результатам 16-й Международной научно-практической конференции «Перспективы развития локомотиво-, вагоностроения и технологии обслуживания подвижного состава», посвященной 95-летию Ростовского государственного университета путей сообщения, 95-летию факультета «Электромеханический» и 95-летия со дня рождения Заслуженного работника транспорта России, доктора технических наук., профессора Балона Л.В. и 8-й Всероссийской научно-практической конференции «Теория и практика безопасности жизнедеятельности»

Учредитель
Ростовский государственный университет путей сообщения

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор журнала

Владимир Иванович Колесников, академик Российской академии наук,
доктор технических наук, профессор, РГУПС, г. Ростов-на-Дону

Владимир Дмитриевич Верескун, д-р техн. наук, профессор, РГУПС, г. Ростов-на-Дону

Александр Николаевич Гуда, д-р техн. наук, профессор, заместитель главного редактора,
РГУПС, г. Ростов-на-Дону

Виктор Федорович Асминин, д-р техн. наук, профессор, ВГЛТУ, г. Воронеж

Олег Андреевич Ворон, д-р техн. наук, доцент, РГУПС, г. Ростов-на-Дону

Артем Евгеньевич Литвинов, д-р техн. наук, доцент, КубГТУ, г. Краснодар

Николай Николаевич Новиков, д-р техн. наук, профессор, НАЦИОТ, г. Москва

Александр Дмитриевич Петрушин, д-р техн. наук, профессор, РГУПС, г. Ростов-на-Дону

Рустам Вячеславович Рахимов, д-р техн. наук, профессор, ТГТУ, г. Ташкент

Владимир Александрович Соломин, д-р техн. наук, профессор, РГУПС, г. Ростов-на-Дону

Виктор Анатольевич Финоченко, д-р техн. наук, профессор, РГУПС, г. Ростов-на-Дону

Татьяна Анатольевна Финоченко, канд. техн. наук, доцент, РГУПС, г. Ростов-на-Дону

Александр Николаевич Чукарин, д-р техн. наук, профессор, ДГТУ, г. Ростов-на-Дону

Александр Евгеньевич Шаиурин, д-р техн. наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург

Иван Анатольевич Яицков, д-р техн. наук, профессор, РГУПС, г. Ростов-на-Дону

Ангелина Олеговна Куделина (ответственный секретарь)

**Trudy
Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobseniya
Scientific Journal**

The scientific journal encompasses papers and materials recommended for publication by the organizing committee based on the results of the 16th International Scientific and Practical Conference “Prospects for the development of locomotive and carriage designing and rolling stock maintenance technology”, dedicated to the 95th anniversary of the Rostov State Transport University, the 95th anniversary of the Electromechanical Faculty and the 95th anniversary of the birth of the Honored Transport Worker of Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor Balon L.V. and 8th All-Russian National Scientific and Practical Conference “Theory and Practice of Health and Safety”.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief

V. I. Kolesnikov, Academician of Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Professor, RSTU, Rostov-on-Don

V. D. Vereskun, Doctor of Engineering Sciences, Professor, RSTU, Rostov-on-Don

A. N. Guda, Doctor of Engineering Sciences, Professor, RSTU, Rostov-on-Don (deputy editor-in-chief)

V. F. Asminin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, VSUFT, Voronezh

O. A. Voron, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, RSTU, Rostov-on-Don

A. E. Litvinov, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, KubSTU, Krasnodar

N. N. Novikov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, NAOSC, Moscow

A. D. Petrushin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, RSTU, Rostov-on-Don

R. V. Rakhimov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, TSTU, Tashkent

V. A. Solomin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, RSTU, Rostov-on-Don

V. A. Finochenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, RSTU, Rostov-on-Don

T. A. Finochenko, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, RSTU, Rostov-on-Don

A. N. Chukarin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, DSTU, Rostov-on-Don

A. E. Shashurin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, D. F. Ustinov BSTU «VOENMEH», Saint Petersburg

I. A. Yaitkov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, RSTU, Rostov-on-Don

A. O. Kudelina, executive secretary, RSTU, Rostov-on-Don

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

<i>Белавкина М. В., Придворова Т. К., Долгополов М. В.</i> Хронофизиологическая адаптация: значение в сохранении здоровья и обеспечении их профессионального долголетия.....	7
<i>Борисова А. В., Сурков Д. Е.</i> Особенности исследования условий труда электрогазосварщика.....	13
<i>Воробинская Л. И.</i> Анализ опыта утилизации отходов на примере азиатских стран	21
<i>Гао Цяньцян, Кириллова Т. Г., Татаринова К. О., Шейхова Р. Г.</i> Учащаяся молодежь с отклонениями в состоянии здоровья: организация безопасной двигательной активности.....	27
<i>Денис Н. В., Лысенко А. В., Дошук Н. С.</i> Природные и антропогенные рекреационно – познавательные объекты России и Республики Беларусь: основы рационального использования	33
<i>Лысенко Д. С., Вервейн Е. А., Барган О. Г.</i> Психо – физиологические основы организации безопасной рекреационной деятельности.....	39
<i>Придворова Т. К., Белавкина М. В.</i> Правила безопасности при составлении оздоровительных комплексов аквааэробики для продления профессионального долголетия женщин.....	45
<i>Рудиков Д. А., Бочарникова Е. Е., Гурина Д. В., Жукова А. В.</i> Алгоритм обучения охране труда с нуля	50
<i>Солодовников С. Д., Борисова А. В., Козлюк В. В.</i> Риск-ориентированный подход к обеспечению транспортной безопасности на объекте железнодорожного транспорта	56
<i>Хвостиков А. Г., Карнач Д. Д., Пузина Д. В.</i> Решение новых задач защиты объектов транспортной инфраструктуры.....	64

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ,
ТЯГА ПОЕЗДОВ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ

<i>Азоян А. И., Иваночкин П. Г.</i> Исследование эксплуатационных свойств полимерного материала после его модификации в узлах трения подвижного состава.....	70
<i>Аникина Е. Д., Мантуров Д. С.</i> Фотополимерные материалы в 3D-печати деталей подвижного состава: модификация для повышения прочности и долговечности.....	78
<i>Валинский О. С., Евстафьев А. М., Колпахчян П. Г., Сычуглов А. Н.</i> Перспективные локомотивы для Восточного полигона.....	85
<i>Илларионов А. В., Коновалов П. Ю., Талахадзе Н. В., Бахтин А. А., Попузина С. В.</i> Модернизация системы обеспечения микроклимата салонов электропоездов серии ЭД9М.....	94
<i>Кармазина Л. А., Кротов В. Н.</i> Надежность и долговечность деталей люлечного подвешивания подвижного состава.....	102
<i>Коновалов П. Ю., Булавин Ю. П., Прасол И. В., Лопатка А. С.</i> Разработка системы контроля попадания инородных предметов в песочную систему для улучшения тяговых свойств пассажирских локомотивов.....	107
<i>Личковаха А. С., Донченко А. В.</i> Угловые колебания нелинейных упругих систем в рессорном подвешивании подвижного состава.....	113
<i>Попова Т. А., Петров Г. И.</i> Многокритериальный подход к определению устойчивости подвижного состава.....	117

Шевченко, А. В. Современные решения для автономных рефрижераторных вагонов модели 16-5213, обеспечивающие повышение их эксплуатационной надёжности и работоспособности.....	126
Яицков И. А., Мукерия М. М. Бережливое производство при техническом обслуживании пассажирских вагонов на пункте технического обслуживания с использованием цифровых технологий.....	132

CONTENTS

LABOUR SAFETY

Belavkina M. V., Pridvorova T. K., Dolgoplov M. V. Chronophysiological Adaptation: Importance in Preserving the Health and Ensuring Their Professional Longevity.....	7
Borisova A. V., Surkov D. E. Features of the Study of Working Conditions of an Electric and Gas Welder.....	13
Vorobinskaya L. I. Waste Management Experience Analysis: Case Study of Asian Countries.....	21
Gao Qianqian, Kirillova T. G., Tatarinova K. O., Sheikhova R. G. Students with Health Problems: Organization of Safe Physical Activity.....	27
Denis N. V., Lysenko A. V., Doshchuk N. S. Natural and Anthropogenic Recreational and Educational Objects of Russia and the Republic of Belarus: Fundamentals of Rational Use.....	33
Lysenko D. S., Vervein E. A., Bargan O. G. Psycho – Physiological Bases of Safe Recreational Activitiesorganization.....	39
Pridvorova T. K., Belavkina M. V. Safety rules when creating health-improving water aerobics complexes to extend the professional longevity of women.....	45
Rudikov D. A., Bocharnikova E. E., Gurina D. V., Zhukova A. V. The Algorithm of Occupational Safety Training from Scratch.....	50
Solodovnikov S. D., Borisova A. V., Kozlyuk V. V. Approach to Ensuring Transport Safety at a Railway Facility.....	56
Khvostikov A. G., Karnach D. D., Puzina D. V. Solving New Problems of Protection of Transport Infrastructure Facilities.....	64

RAILWAY ROLLING STOCK, TRAIN TRACTION AND ELECTRIFICATION

Azojan A. I., Ivanochkin P. G. Study of Performance Properties of Polymeric Material after its Modification in Friction Units of Rolling Stock.....	70
Anikina E. D., Manturov D. S. Photopolymeric Materials in 3D Printing of Rolling Stock Parts: Modification to Increase Strength and Durability.....	78
Valinsky O. S., Evstafiev A. M., Kolpakhchyan P. G., Sychugov A. N. Prospective locomotives for the Eastern polygon.....	85
Illarionov A. V., Konovalov P. Y., Talakhadze N. V., Bakhtin A. B., Popuzina S. S. Modernization of the Microclimate Control System for Electric Trains of the ED9M Series.....	94
Karmazina L. A., Krotov V. N. Reliability and Durability of Rolling Stock Cradle Suspension Parts.....	102
Konovalov P. Y., Bulavin Y. P., Prasol I. V., Lopatka A. S. Development of a system for controlling the ingress of foreign objects into the sand system to improve the traction properties of passenger locomotives.....	107
Lichkovakha A. S., Donchenko A. V. Angular Oscillations of Nonlinear Systems in Spring Suspension of Rolling Stock.....	113
Popova T. A., Petrov G. I. Multi-Criteria Approach to Determining the Stability of Rolling Stock.....	117
Shevchenko A. V. Modern Solutions for Autonomous Refrigerated Wagons of Model 16-5213, Ensuring an Increase in Their Operational Reliability and Operability.....	126
Yaitskov I. A., Mukeria M. M. Lean Manufacturing in the Maintenance of Passenger Cars at the Maintenance Point Using Digital Technologies.....	132

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

УДК: 372.879.6-796.0

*М. В. Белавкина, Т. К. Придворова, М. В. Долгополов***ХРОНОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ: ЗНАЧЕНИЕ В СОХРАНЕНИИ ЗДОРОВЬЯ И ОБЕСПЕЧЕНИИ ИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ¹**

Аннотация. В работе получены доказательства пользы физических упражнений в районе 8 – 9 часов утра для представителей всех трех хронотипов. Экспериментальные данные подтверждают целесообразность использования в режиме дня работающего населения и учащейся молодежи такого вида производственной гимнастики как вводная гимнастика. Обсуждается значение психофизиологических факторов в повышении эффективности и безопасности труда, а также в профилактике производственного травматизма.

Ключевые слова: социально-обусловленные ритмы труда и отдыха, хронотип, физические нагрузки, безопасность труда.

Для цитирования: Белавкина, М. В. Хронофизиологическая адаптация: значение в сохранении здоровья и обеспечении их профессионального долголетия / М. В. Белавкина, Т. К. Придворова, М. В. Долгополов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 7-12.

Актуальность. Реалии социально-экономического развития ставят задачу для работодателя максимально сохранять и продлевать трудовые функции работника. Это связано с рядом факторов. В первую очередь для российского рынка труда характерна нехватка квалифицированных рабочих кадров [1, 2], а значит важно удерживать опытных работников, адаптированных к условиям конкретного производства и способных выполнять профессиональные функции. С другой стороны, повышение пенсионного возраста предполагает продление активной деятельности специалистов, при этом важно предусмотреть риски снижения производительности труда, и (что важнее) минимизировать отрицательные последствия ухудшения физического и психического состояния возрастных сотрудников. Поэтому уже в молодом возрасте необходимы мероприятия, способствующие достижению профессионального долголетия в будущем [1, 3].

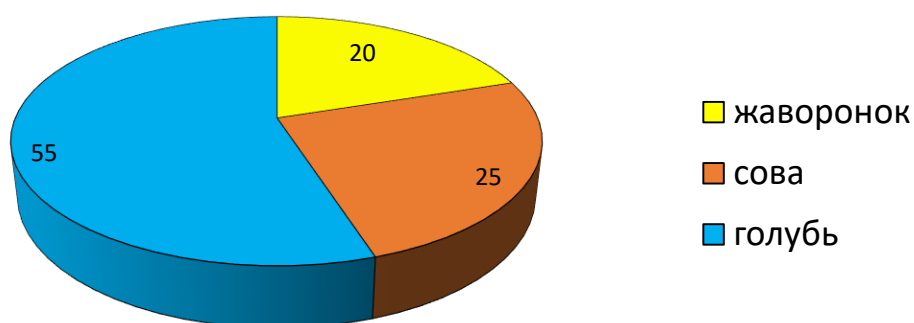
При организации охраны труда на производстве важным является изучение взаимосвязи эффективности деятельности (физической и умственной работоспособности) с социально-обусловленными ритмами труда и отдыха, а также с биологическими ритмами индивида, его хронотипом [4, 5]. Проблема включенности человека в смену светового дня и ночного времени суток отмечалась учеными со времен античности, а сегодня рассматривается как отдельное направление – «хронобиология». Наиболее изученными являются так называемые «циркадианные ритмы», которые рассматриваются как видоизменение суточного ритма с периодом около 24 часов. Ритмичность физиологических процессов организма проявляется в максимальной и минимальной активности, приуроченной к определенным часам суток, что очень часто входит в противоречие как с

условиями деятельности представителей ряда профессий, так и с образом жизни, труда и отдыха в современном мегаполисе [4, 6]. Особенно это затрагивает школьников старшего возраста и студенческую молодежь [5, 7].

Цель исследования: изучить особенности влияния социально-обусловленных ритмов функционирования организма на показатели работоспособности в зависимости от «хронотипа» студентов.

Методы и организация исследования. Была выбрана группа студентов третьего курса Академии физической культуры и спорта Южного федерального университета, 20 человек. Студенты имели спортивные разряды и звания, однако не являлись действующими спортсменами и, как следствие, не имели интенсивных тренировок и высокого уровня нагрузок. Участие студентов в исследовании было добровольным.

На начальном этапе эксперимента был проведен тест на определение «хронотипа» (тест Хорна-Остберга). Согласно полученным данным в группе были выделены все три типа проявления суточной активности: утренний тип «жаворонок» – 6-8 баллов, промежуточный тип «голуби» – 8-13 баллов, вечерний тип работоспособности «совы» – более 14 баллов (рисунок 1).



**Рис. 1. Соотношение хронотипов в группе обследованных студентов
(в % от общего количества участников обследования)**

На втором этапе эксперимента было решено выяснить влияние физической нагрузки высокой интенсивности на некоторые показатели функционального состояния студентов с помощью устройства психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 «Психофизиолог». В качестве физической нагрузки было выбрано практическое занятие по предмету «Спортивные игры: баскетбол», которое проводилось на первой паре (с 08.00 часов утра). Выбор времени эксперимента был обусловлен тем, что существует значительное количество индивидов (особенно относящихся к «хронотипу» сова), демонстрирующих в ранние утренние часы низкую эффективность проявлений физических качеств, сниженное внимание и качество выполнения трудовых функций [4, 5].

Из многочисленных параметров, доступных при психофизиологическом тестировании, нами была выбрана скорость сложной зрительно-моторной реакции у испытуемых (СЗМР) и количество ошибочных действий (преждевременная реакция или пропуск светового сигнала). Прибор обеспечил регистрацию времени реакции на световые стимулы: на стимулы зеленого цвета необходимо было отвечать «Да», красного – нет (этот тест используется для оценки качества операторской работоспособности). Замеры проводилось до нагрузки и после.

Также использовали тест на определение уровня физического состояния (УФС) по стандартной формуле А. Пироговой. Суть данного метода заключалась в следующем: спустя

пять минут после нагрузки в положении сидя у испытуемых необходимо определить частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) и среднее артериальное давление (АДср). Полученные экспериментальные данные сравнить со шкалой оценки УФС с использованием таблицы 1 (данную информацию используют для определения оптимальных режимов двигательной активности и степени адаптированности к физическим нагрузкам).

Таблица 1

Шкала определения уровня физического состояния по методике Пироговой

УФС	Мужчины	Женщины
Низкий	0,26-0,38	0,16-0,26
Ниже среднего	0,38-0,53	0,26-0,37
Средний	0,53-0,68	0,37-0,48
Выше среднего	0,68-0,83	0,48-0,58
Высокий	0,83 и более	0,58 и более

Для получения более объективных данных дополнительно определяли значения адаптационного потенциала по формуле Р. М. Баевского. Статистическую обработку результатов проводили с использованием Т-критерия Стьюдента для зависимых выборок.

Результаты. Оказалось, что перед началом физической нагрузки наихудшие показатели скорости СЗМР демонстрировали студенты с хронотипом «сова», у представителей хронотипа «голубь» и «жаворонок» значения были на 11% и 20% лучше (таблица 2). Количество ошибочных действий в тесте СЗМР также оказалось максимальным у представителей хронотипа «сова» в покое до нагрузки. После нагрузки показатели СЗМР достоверно улучшились и у представителей всех трех хронотипов оказались приблизительно одинаковыми.

Таблица 2

Динамика некоторых показателей функционального состояния студентов до и после физической нагрузки в зависимости от хронотипа (M $\pm$ m, * – отличия достоверны по сравнению с исходными значениями группы до нагрузки при $p < 0,05$, ** – имеется тенденция к достоверным различиям при $0,05 < p < 0,1$)

Показатель	Скорость СЗМР и уровень активации ЦНС	УФС
до нагрузки		
Хронотип «жаворонок»	613,53 $\pm$ 53,98 ниже среднего	0,49 $\pm$ 0,02
Хронотип «голубь»	683,34 $\pm$ 85,61 ниже среднего	0,32 $\pm$ 0,05
Хронотип «сова»	763,85 $\pm$ 49,37 низкий уровень	0,28 $\pm$ 0,03
после нагрузки		
Хронотип «жаворонок»	472,16 $\pm$ 39,54 -23%*	0,63 $\pm$ 0,05 +29%*
Хронотип «голубь»	505,67 $\pm$ 44,78 -26%*	0,59 $\pm$ 0,04 +84%*
Хронотип «сова»	512,98 $\pm$ 59,23 -33%*	0,55 $\pm$ 0,07 +96%*

Необходимо отметить, что величины уровня физического самочувствия до нагрузки в группе «жаворонок» находились на границе интервала, соответствующего показателям «ниже среднего» и «средним», в группе «голуби» соответствовали интервалу «ниже среднего», в

группе «совы» - «низкому». Физическая нагрузка способствовала достоверному росту данного параметра так, что во всех трех группах он соответствовал среднему уровню (таблица 2).

Интересно, что только в группе студентов с хронотипом «сова» значения адаптационного потенциала по Баевскому в покое до нагрузки соответствовали уровню «напряжение механизмов адаптации», в то время как в группах с хронотипом «жаворонок» и «голубь» - уровню «удовлетворительная адаптация». После окончания физической нагрузки зарегистрировано незначительное (на 13 – 20%, $0,05 < p < 0,1$) улучшение адаптационного потенциала таким образом, что у всех групп студентов фиксировалась «удовлетворительная адаптация».

Заключение. Таким образом, вне зависимости от хронотипа организм довольно за короткий период (продолжительность учебной пары в университете – 1,5 часа) адаптируется и к физической нагрузке, и к режиму дня. Важно отметить факторы, которые будут способствовать более эффективной адаптации представителей тех хронотипов, у которых социально-обусловленный режим труда и отдыха частично не совпадает или находится в противофазе с индивидуальными суточными ритмами организма: регулярность физических упражнений, их продолжительность и интенсивность, а также продолжительность и качество ночного сна, рациональный график приемов пищи и ее количественный и качественный состав и др [4, 8 – 10]. Место нахождения физических упражнений в режиме дня также имеет огромное влияние на самочувствие и показатели умственной и физической работоспособности [9]. Несмотря на многочисленные экспериментальные данные различных специалистов о том, что тренировка в ранние утренние часы обладает меньшей эффективностью, чем тренировка в дневное время [9, 11], результаты нашего экспериментального исследования свидетельствуют о несомненной пользе физических упражнений в районе 8 – 9 часов утра для представителей всех трех хронотипов. Полученные нами данные подтверждают целесообразность использования в режиме дня работающего населения и учащейся молодежи такого вида производственной гимнастики как вводная гимнастика (выполняется в самом начале трудового дня и способствует скорейшему вработыванию, повышению стрессоустойчивости и профилактике утомления). Описанный хронобиологический подход согласуется с данными научной литературы о важном значении психофизиологических факторов в повышении эффективности и безопасности труда, а также в профилактике производственного травматизма и достижении профессионального долголетия [1, 3, 4, 12].

Библиографический список

1. **Белавкина, М. В.** Промышленная санитария и гигиена труда. Здоровье и работоспособность. / М. В. Белавкина, А. В. Борисова, А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко, Т. А. Финоченко. – Ростов-на-Дону: РГУПС. – 2022. – 108 с.
2. **Белавкина, М. В.** Медицинские и психолого-педагогические аспекты организации физической культуры людей среднего и пожилого возраста / М. В. Белавкина, А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко, В. Н. Федорец // Медицина: теория и практика. – 2022. – Т. 7, №4. – С. 52–62, ISSN: 2658-4190
3. **Лысенко, Д. С.** Активное и здоровое долголетие: надежды, разочарования, перспективы/ Д. С. Лысенко, А. В. Лысенко, В. Н. Федорец, А. В. Арутюнян // University Therapeutic Journal. – 2023. – Т. 5. № 2. – С. 57–67. DOI: 10.56871/UTJ.2023.74.66.005
4. **Решетова, С. Г.** Ресурсы работоспособности и их значение в повышении безопасности труда персонала на предприятии / С. Г. Решетова, Л. П. Волокитина // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – №9. – С. 43 – 49. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-9-43-49
5. **Бахтурин, С. С.** Физиологические реакции организма современных учащихся в зависимости от субъективных циркадных ритмов / С. С. Бахтурин, Е. А. Калюжный //

Международный научно – исследовательский журнал. – 2024. – №4 (142). – С. 5. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.126>

6. **Егоров, В. Н.** Оценка влияния качественных и количественных нарушений сна на развитие тревожно – депрессивных изменений у спортсменов / В. Н. Егоров, Т. В. Таютина, Е. А. Недоруба, А. В. Лысенко, А. Ф. Степаненко, Ю. И. Макаришина // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №3. – С. 79. eISSN: 2070-7428

7. **Степанова, С. А.** Оценка работоспособности студентов по их индивидуальному суточному хронотипу / С. А. Степанова, О. Е. Смирнова, Л. Е. Блажевич // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 97-9. С. 147–152. DOI: 10.18411/trnio-05-2023-512

8. **Лысенко, А. В.** Фитотерапия десинхронозов и ее значение в профилактике преждевременного старения / А. В. Лысенко // Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке. Сборник материалов второй Всероссийской с международным участием научной конференции. – 2016. – С. 18 – 22.

9. **Клименко, А. А.** Физическая культура и спорт в аспекте хронобиологии / А. А. Клименко, А. И. Усенко, А. Ю. Болтовский, Е. И. Шеенко. – Москва, 2023. – 155 с.

10. **Федорова, О. И.** Экзогенные и эндогенные факторы, влияющие на внутреннюю синхронизацию суточных ритмов вегетативных функций человека в обычных и субэкстремальных условиях среды / О. И. Федорова, Е. В. Подкорытова, Т. А. Бургардт // Физиология человека. – 2009. – № 2. – С. 96. ISSN: 0131-1646

11. **Галимова, А. Г.** Биологические ритмы и особенности управления функциональным состоянием организма спортсменов / А. Г. Галимова, М. Д. Кудрявцев, А. А. Колодочкин, Д. А. Гаврилов // Современное педагогическое образование. – 2019. – №6. – С. 101 – 105. ISSN: 2587-8328

12. **Финоченко, Т. А.** Состояние психосоматического здоровья в неблагоприятных условиях профессиональной деятельности / Т. А. Финоченко, А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2017. – 101 с.

M. V. Belavkina, T. K. Pridvorova, M. V. Dolgopolov

METHODS OF CHRONOPHYSIOLOGICAL ADAPTATION: IMPORTANCE IN PRESERVING THE HEALTH AND ENSURING THEIR PROFESSIONAL LONGEVITY

Abstract. The work obtained evidence of the physical exercise benefits around 8–9 a.m. for representatives of all three chronotypes. Experimental data confirm the advisability of using this type of industrial gymnastics as introductory gymnastics in the daily routine of the working population and students. The importance of psychophysiological factors in increasing the efficiency and safety of work, as well as in the prevention of occupational injuries, is discussed.

Key words: socially determined rhythms of work and rest, chronotype, physical activity, labor safety.

For citation: Belavkina M. V. Chronophysiological Adaptation: Importance in Preserving the Health and Ensuring Their Professional Longevity / M. V. Belavkina, T. K. Pridvorova, M. V. Dolgopolov // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 7 – 12.

Сведения об авторах

Белавкина Марина Валерьевна
Южный федеральный университет (ЮФУ),
Академия физической культуры и спорта,
кандидат педагогических наук, доцент,

Information about the authors

Belavkina Marina Valeryevna
Southern Federal University (SFU),
Academy of Physical Culture and Sports,

e-mail: mvbelavkina@sfedu.ru

Candidate of Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: mvbelavkina@sfedu.ru

Придворова Татьяна Константиновна
Южный федеральный университет (ЮФУ),
Академия физической культуры и спорта,
студент,
e-mail: tpridvorova@sfedu.ru

Pridvorova Tatiana Konstantinovna
Southern Federal University (SFU),
Academy of Physical Culture and Sports,
Student,
e-mail: tpridvorova@sfedu.ru

Долгополов Максим Владимирович
Южный федеральный университет (ЮФУ),
Академия физической культуры и спорта,
студент,
e-mail: mdolgopolov@sfedu.ru

Dolgopolov Maxim Vladimirovich
Southern Federal University (SFU),
Academy of Physical Culture and Sports,
Student,
e-mail: mdolgopolov@sfedu.ru

УДК 658.345 : 621.791.8 + 06

А. В. Борисова, Д. Е. Сурков

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА ЭЛЕКТРОГАЗОСВАРЩИКА¹

Аннотация. В работе приводится описание и характеристика электрогазосварочных работ. Рассмотрены факторы производственной среды, которые являются значимыми в профессии электрогазосварщика и определяют его условий труда. Приводится методологическая основа процедуры санитарно-гигиенического мониторинга условий труда на рабочем месте электрогазосварщика. Представлена схема приборной базы для проведения исследований факторов производственной среды и трудового процесса на рабочем месте электрогазосварщика с учетом законодательных метрологических требований в сфере обеспечения единства измерений. Рассмотренная в работе структура санитарно-гигиенического мониторинга условий труда отражает особенности и специфику работы электрогазосварщика, структурирует значительный массив данных и информации, подлежащий рассмотрению при выполнении специальной оценки условий труда и производственного контроля.

Ключевые слова: электрогазосварщик, опасные и вредные факторы, безопасность, условия труда

Для цитирования: Борисова, А. В. Особенности исследования условий труда электрогазосварщика / А. В. Борисова, Д. Е. Сурков// Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 13 – 20.

Одним из направлений национальной государственной политики в области профессионального образования является повышение престижа рабочих и инженерных профессий. Наиболее популярными и востребованными во всех отраслях являются профессии, связанные с производством и ремонтом различных видов машин и механизмов, например, электросварщик ручной сварки, электрогазосварщик, слесарь механосборочных цехов, слесарь-ремонтник. При этом ключевой составляющей в популяризации рабочих профессий наряду с высоким уровнем заработной платы является обеспечение безопасных условий труда для работников.

Движение научно-технического прогресса в современном мире, сопряженного с усовершенствованием действующих и созданием новых производственных мощностей, невозможно представить без осуществления надежного соединения металлических деталей, узлов и конструкций. Металл – это один из самых популярных материалов, который применяется повсеместно, как в промышленности, так и в быту.

Соединение частей металлоконструкций, используя метод сплавления металлов, является основой электро- и газосварочных работ. В зависимости от используемого оборудования, материалов, деталей и конструкций, подлежащих соединению, используется необходимый вид сварки (ручная дуговая сварка, газосварка, сварка на автоматически и полуавтоматических аппаратах, роботизированная сварка).

Сварочные работы активно применяются в таких сферах, как строительство, машиностроение, ремонт и обслуживание, энергетика, нефтегазовая промышленность,

транспортная отрасль, модернизация оборудования. При этом наибольшей востребованностью среди специалистов сварочных работ на ранке профессиональных услуг обладает профессия электрогазосварщика.

Основная часть

Электрогазосварщик – это специалист, который занимается выполнением сварочных работ по металлическим деталям и конструкциям с использованием электрической дуги и газа. Электрогазосварка универсальна, так как подходит для выполнения неразрывного соединения большинства видов стали. Процесс электрогазовой сварки заключается в том, что под действием тепла сварочной дуги электрод и кромки изделия плавят и стекают в полость, образуя при этом шов. Расплавленный металл кристаллизуется по восходящему направлению, тем самым соединяя свариваемые детали вместе. В качестве защитной среды используется газ (кислород, ацетилен, пропан-бутановые смеси).

Деятельность электрогазосварщика ответственна, не допускает ошибок, связана с повышенной опасностью. Специфика электрогазовой сварки, резки металлов и их сплавов предъявляет особые, дополнительные (повышенные) требования по технике безопасности, к безопасной организации рабочих мест.

Прочность и надежность сварного соединения, безусловно, обеспечивается квалификацией и уровнем компетенции специалиста. Однако качество выполняемой работы во многом также зависит от условий труда на рабочем месте. В результате сварочного процесса в воздух рабочей зоны поступают различные химические вещества, газы, оксиды металлов. Также происходит световое, инфракрасное ультрафиолетовое излучение, исходящие от сварочной дуги. Все сварочные процессы протекают при быстром изменении температуры свариваемого или разрезаемого металла от температуры окружающего воздуха до температуры испарения металла. В этом диапазоне температур происходят разнообразные физические и химические процессы. Работа со сварочным оборудованием происходит в зоне воздействия на работника неионизирующего излучения оптического диапазона, вызывающего нарушения в работе зрительного аппарата. Сварочные работы как правило проводятся в производственных подразделениях (цехах, участках), где осуществляются другие виды работы с использованием электро- пневмоинструмента, инструмента ударного действия, что сопровождается повышенным шумовым воздействием [1].

Сварочные процессы относятся к тяжелым видам труда, обусловленным значительной массой деталей узлов и конструкций, подлежащих сварке, а также характером рабочего положения тела сварщика.

Таким образом, в процессе выполнения трудовых функций электрогазосварщик находится под воздействием большого количества опасных и вредных факторов производственной среды, которые разделяются по своему влиянию на интенсивные, умеренные и незначительные. Распределение производственных факторов на рабочем месте электрогазосварщика по значимости воздействия представлено на рисунке 1.

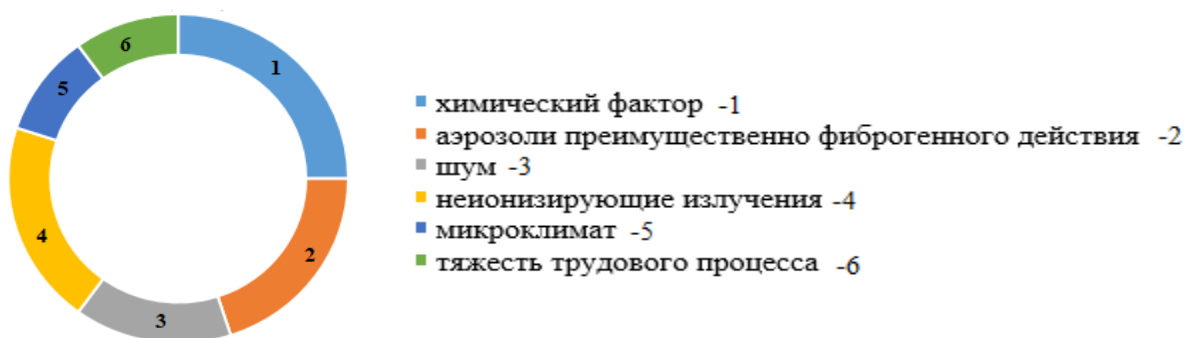


Рис 1. Опасные и вредные факторы, влияющие на работу электрогазосварщика

Анализируя представленную диаграмму можно сделать вывод, что наибольшую опасность с учетом интенсивности воздействия представляет химический фактор, в том числе аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, и неионизирующие излучения. Следует отметить, что данные диаграммы (рис.1) представлены на основе анализа работ [1-3], а также результатов научно-исследовательских работ научно-производственного центра «Охрана труда» ФГБОУ ВО РГУПС, являются обобщенными и могут незначительно отличаться в зависимости от конкретных условий труда, типа выполняемых работ и мер по обеспечению безопасности труда, которые были предприняты на предприятии.

Негативное влияние факторов производственной среды и трудового процесса на организм работающего человека является основной причиной всех профессиональных травм и заболеваний. Этот эффект, проявляющийся по-разному в различных обстоятельствах, зависит от присутствия конкретного фактора на рабочем месте, его потенциально опасных свойств для здоровья человека, возможности прямого или косвенного воздействия на организм, а также индивидуальной реакции организма в зависимости от интенсивности и продолжительности воздействия данного фактора. Поэтому ключевым механизмом выявления рискообразующих производственных факторов является санитарно-гигиенический мониторинг рабочего места, проводимый в форме производственного лабораторного контроля и специальной оценки условий труда [5]. Для разработки программы санитарно-гигиенического мониторинга и дальнейшего проведения исследований необходимо провести идентификацию воздействующих на работника факторов производственной среды и трудового процесса и дать им подробное описание.

Химический фактор. Процесс сварки сопровождается выделением в атмосферу значительного количества опасных химических веществ. Газовая составляющая сварочного аэрозоля имеет очень сложный состав, в том числе: диоксид азота (NO_2), окись углерода (CO), озон (O_3), оксид марганца (MnO), аэрозоли, содержащие свинец, никель, хром, фториды, аргон и различные виды пыли. Химические соединения могут присутствовать в рабочей зоне как в аэрозольной форме (туман, пыль, дым), так и в газообразном состоянии (газы, пары). При сварке или резке окрашенных либо загрязнённых деталей или конструкций в газовую фазу могут выделяться хлороводород (HCl), хлор (Cl_2), оксиды серы (SO_2 и SO_3) и другие токсичные соединения. Вдыхание этих веществ может привести к развитию серьезных заболеваний, таких как бронхиальная астма, нейротоксикоз (вследствие отравления марганцем) и пылевой бронхит [1].

Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД). Данный фактор по своей природе относится к физическим производственным факторам. Аэрозоль возникает в процессе ацетилено-кислородной сварки, включает в себя дижелезо триоксид, являющийся одновременно компонентом сварочного аэрозоля, поступающего в рабочую зону [4]. Нередко в обязанности электрогазосварщика бывают включены дополнительные функции по зачистке, шлифовке поверхностей изделия и деталей, подлежащих в дальнейшем соединению сварочным швом. В ходе процессов сухой шлифовки, напыления и производства металлических порошков образуются аэрозоли металлов и их соединений, также относящихся к АПФД. Фиброгенность таких аэрозолей обусловлена способностью частиц пыли стимулировать повышенную выработку коллагена (белка) в структуре органов, преимущественно лёгких. Степень фиброгенности пыли при этом определяется уровнем увеличения содержания коллагена в соединительной ткани лёгких [3].

Шум. Уровень звука, генерируемый сварочной дугой, напрямую зависит от стабильности её горения. Дополнительный вклад в акустическое воздействие на электрогазосварщика вносят шумы, образующиеся при работе различного цехового оборудования и инструмента. В соответствии с [6], допустимый уровень шума при выполнении сварочных работ не должен превосходить 80 дБА. Однако, по результатам измерений воздействия шума на электрогазосварщика шестого разряда, представленным в

работе [2], фактический эквивалентный уровень звука составил 97 дБА [2]. Такой показатель соответствует классу условий труда 3.3 (вредные условия труда третьей степени) [5].

Неионизирующие излучение. Ультрафиолетовое излучение (УФ-излучение), классифицируемое по длине волны на типы УФ-А, УФ-В и УФ-С, оказывает негативное воздействие на органы зрения сварщика. Кратковременное воздействие УФ-излучения провоцирует токсическую реакцию в поверхностном слое роговицы, что проявляется ощущением инородного тела в глазу и светобоязнью. Продолжительное воздействие может привести к развитию катаракты и злокачественной меланомы [1-3]. Видимое излучение от сварочного процесса вызывает воспалительные процессы и расширение сосудов глаза. Возможны повреждения сосудов с кровоизлиянием на поверхности глаза, визуализирующееся в виде характерного красноватого пятна. Постоянное воздействие видимого излучения может спровоцировать патологические изменения сетчатки [1-3].

Тепловая облученность. Инфракрасное излучение оказывает негативное влияние на хрусталик глаза, вызывая его перегрев. При длительном воздействии это может привести к развитию катаракты [3].

Микроклимат. Рабочая среда электрогазосварщика может быть неблагоприятной из-за повышенной сухости воздуха и температуры, что увеличивает риск получения ожогов глаз и незащищённых участков тела. Согласно [6], в сборочно-сварочных цехах, на участках и стационарных рабочих местах необходимо поддерживать оптимальные или допустимые параметры температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. При этом следует учитывать избыточное тепловыделение, тяжесть выполняемой работы и сезонные изменения [3]. В холодные и переходные периоды года для поддержания комфортной температуры в рабочей зоне необходимо предусматривать системы отопления. В тёплый период года рекомендуется использовать естественную вентиляцию через открываемые окна, фонари и ворота.

Тяжесть трудового процесса. Профессиональная деятельность электрогазосварщиков характеризуется повышенной физической нагрузкой, обусловленной длительным пребыванием в статических, неудобных позах. Примерами таких поз являются работы с наклоном или поворотом туловища, поднятыми руками, сварка в положении «полусидя», на коленях или лежа на спине. Высокая интенсивность труда, требующая значительных мышечных усилий и энергетических затрат, также является характерной чертой профессии. Учитывая особенности трудового процесса и уровень энергозатрат, работы электрогазосварщиков классифицируются как категорией тяжести Пб (средней тяжести) [7].

Определение степени тяжести труда основывается на ряде факторов:

- интенсивность физической нагрузки, определяемая непрерывностью работы в течении определенного времени вместе с высокой энергозатратностью 201 - 250 ккал/ч [7];
- масса поднимаемых и перемещаемых грузов, металлических конструкций весом до 10 кг;
- количество повторяющихся движений при работе с электрогазосварочным оборудованием, статическая нагрузка при работе с ним;
- характеристики рабочей позы в положении сидя, стоя, лежа, в зависимости от выполняемой работы; амплитуда и частота наклонов корпуса, пространственные перемещения по рабочей зоне.

Применительно к конкретному рабочему месту идентификация опасных и вредных производственных факторов, в том числе определение химических соединений, поступающих в воздух рабочей зоны, проводится с учетом фактически применяемого работником оборудования, инструмента и приспособлений, сварочных материалов, обеспеченности работника необходимым комплектом специальной одежды и защитных средств [8, 9]. Идентификация проводится путем наблюдения за ходом производственного процесса, анализа документации, интервьюирования руководителя работ и работника.

По итогам проведенной идентификации факторов производственной среды и трудового процесса на следующем этапе программы санитарно-гигиенического мониторинга формируется перечень необходимых измерений с указанием используемого оборудования. Современный рынок приборостроения предлагает широкий спектр различного измерительного оборудования. Для оптимального выбора необходимых средств измерений и вспомогательных приспособлений применима методика, представленная в работе [10]. В основу методики выбора приборного оборудования положен метод экспертных оценок.

Схематичное изображение данного этапа санитарно-гигиенического мониторинга представлено на рисунке 2.

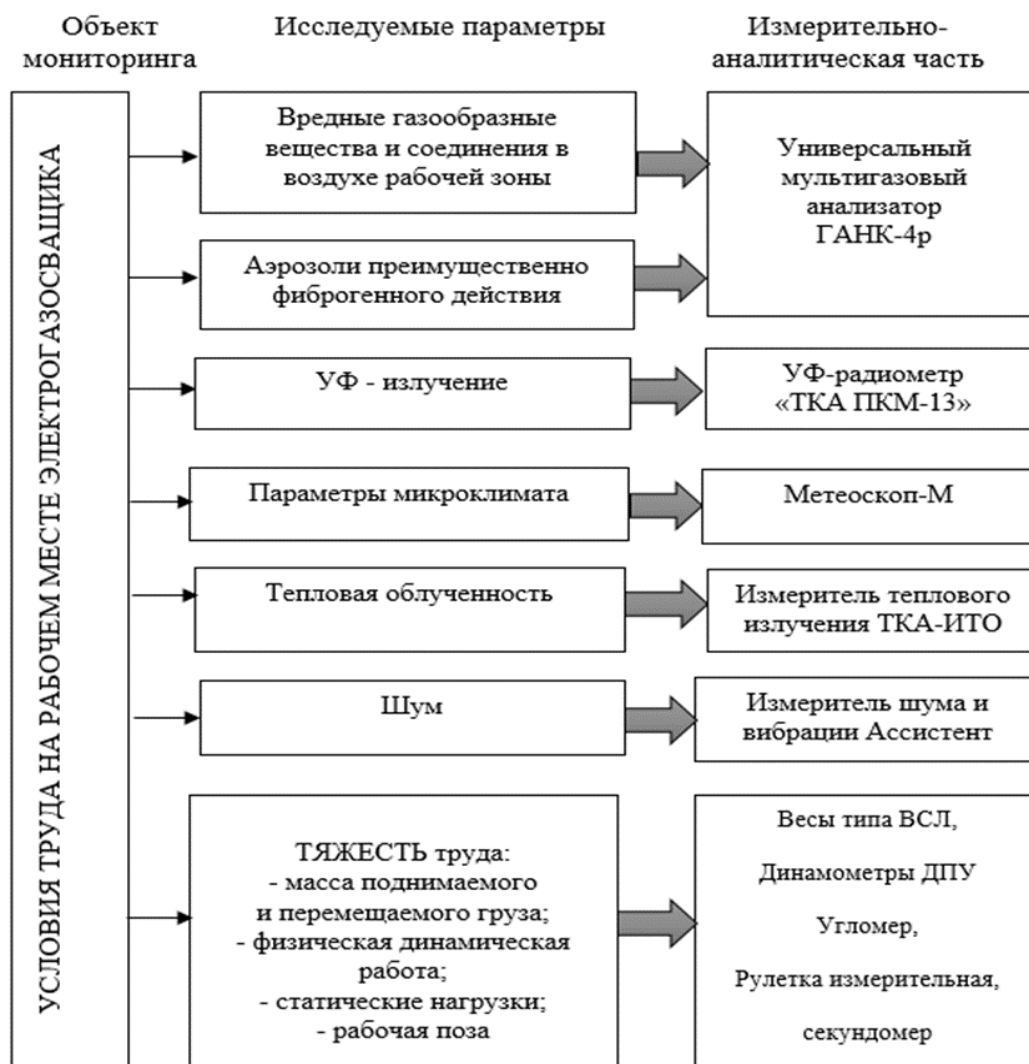


Рис. 2. Схема санитарно-гигиенического мониторинга условий труда электрогазосварщика

Инструментальные измерения факторов производственной среды и трудового процесса на рабочем месте электрогазосварщика должны проводиться в ходе штатного выполнения работ. В исключительных случаях допускается имитация производственных процессов. При формировании приборно-методической базы необходимо также учесть, что измерения в области охраны труда относятся к сфере государственного регулирования, соответственно должны проводиться по аттестованным методикам, сведения о которых содержатся в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений. Возможно применять в качестве методики проведения измерений руководство по эксплуатации прибора при условии, что в описании типа средства измерения для данного прибора имеется запись о

наличии метода испытаний в эксплуатационной документации. Приборы, используемые для исследования факторов производственной среды и трудового процесса должны быть поверены. Государственные метрологические требования к измерительной части санитарно-гигиенического мониторинга призваны обеспечить необходимую точность и достоверность результатов, которые в дальнейшем станут основанием или подтверждением назначения работнику гарантий и компенсаций. Представленная на рисунке 2 приборная база включает портативные средства измерений, допустимые к применению в сфере обеспечения безопасности и охраны труда. Данное оборудование может быть использовано как для проведения прямых измерений факторов производственной среды, так и для реализации косвенных методов испытаний по специальным аттестованным методикам [11].

Результаты измерений физических и химических факторов на рабочем месте, полученные в ходе санитарно-гигиенического мониторинга условий труда, являются основой для дальнейшей оценки количественных и качественных показателей производственного риска на рабочем месте электрогазосварщика и разработки мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда [12-14].

Заключение

Особенности исследования условий труда на рабочем месте электрогазосварщика обусловлены спецификой и характером выполняемых им работ. Приняв во внимание нахождение работника в условиях постоянного воздействия химического и физических факторов, можно сделать вывод о высокой вероятности травмирования и развития тяжелых профессиональных заболеваний.

Для выявления рискообразующих факторов и оценки условий труда при выполнении электрогазосварочных работ представлена методологическая основа проведения санитарно-гигиенического мониторинга. Представленная в работе структура санитарно-гигиенического мониторинга условий труда не только отражает особенности и специфику работы электрогазосварщика, но и структурирует значительный массив данных и информации, подлежащий рассмотрению при выполнении специальной оценки условий труда и производственного контроля.

Библиографический список

1. **Тюляков, В. С.** Опасности и повреждающие факторы, характерные для профессии электрогазосварщика / В. С. Тюляков, Д. Н. Калашников // Безопасность труда в промышленности. – 2005. – № 8. – С. 57-60. - ISSN: 0409-2961
2. **Попова, Т. В.** Анализ условий труда на рабочем месте электрогазосварщика / Т. В. Попова // Техносферная безопасность: Материалы Второй межвузовской научно-технической конференции с международным участием, Омск, 28 апреля 2015 года – Омск: ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет», 2015. – С. 100–104. – EDN USPDXF
3. **Чашин, В. П.** Гигиеническая характеристика условий труда электрогазосварщика при использовании аргонодуговой сварки / В. П. Чашин, А. А. Ковшов, Л. В. Ушакова // Профилактическая медицина - 2018: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 29–30 ноября 2018 года. Том Часть 3. – Санкт-Петербург: Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, 2018. – С. 154–159 –EDN VXTSYN.
4. **Борскивер, И. А.** Воздействие сварочного аэрозоля на организм электросварщика (ручная дуговая сварка). Рекомендации по измерению / И. А. Борскивер // Безопасность и охрана труда. – 2016. – № 4(69). – С. 67–70. – EDN XSUKPX.
5. Российская Федерация. Законы. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон N 426-ФЗ принят Государственной Думой 23 декабря 2023 г. : одобрен

Советом Федерации 25 декабря 2023г. : послед. ред. // Консультант плюс : сайт. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/ (дата обращения: 27.01.2025). Режим доступа: свободный.

6. Об утверждении правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ: утв. приказом Минтруда России от 11 декабря 2020 г. N 884// Консультант плюс: сайт. URL:https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373153/ (дата обращения: 27.01.2025).

7. **Борисова, А. В.** Методика оценки условий труда на рабочем месте электрогазосварщика / А. В. Борисова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 2. – С. 21–23. – ISSN: 1818-5509.

8. Промышленная санитария и гигиена труда. Здоровье и работоспособность / М. В. Белавкина, А. В. Борисова, А. В. Лысенко [и др.]. – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2022. – 108 с. – ISBN 978-5-907494-06-0. – EDN AMEICP.

9. **Финоченко, Т. А.** Идентификация вредных и опасных производственных факторов рабочего места сварщика / Т. А. Финоченко, Г. Н. Соколова, С. О. Гребенникова // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2018. – № 2(60). – С. 239–246. – EDN YNFWPB.

10. **Borisova, A. V.** The Use of the Expert Method in Solving the Issues of Choosing the Instrumentation of the Procedure for Controlling Production Factors / A. V. Borisova, T. A. Finochenko, V. A. Finochenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 2020 International Science and Technology Conference on Earth Science, ISTCEarthScience 2020, Vladivostok, 06–09 октября 2020 года. Vol. 666. – IOP Publishing Ltd: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 022022. – DOI 10.1088/1755-1315/666/2/022022. – EDN EEYOCK.

11. **Belavkina, M. V.** Impact of information on human health: Educational and professional aspects / M. V. Belavkina, D. S. Lysenko, T. A. Finochenko // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 113. – P. 06001. – DOI 10.1051/bioconf/202411306001. – EDN JVQNHI.

12. **Костюков, А. В.** Вопросы электробезопасности на предприятиях машиностроения / А. В. Костюков, А. Н. Чукарин, И. А. Яицков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 2. – С. 581-588. – EDN PCGTMD.

13. **Лыков, А. С.** Основные источники шумового дискомфорта, возникающего при работе железнодорожного транспорта / А. С. Лыков, В. В. Гомелев, И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3(56). – С. 20-22. – EDN QDZSEL.

14. Актуальные проблемы обеспечения охраны труда на производстве / М. Э. Цаболова, А. А. Ташиян, Т. А. Финоченко, И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1(66). – С. 100-104. – EDN BSRDEM.

15. **Баланов, И. А.** Безопасный труд при эксплуатации железнодорожного подвижного состава / И. А. Баланов, Ю. А. Антонов, И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2(67). – С. 19-24. – EDN MAQZQE.

16. **Рыжов, С. П.** Факторы производственного риска при эксплуатации зубодолбежных и зубострогальных станков на участках изготовления редукторов локомотивов / С. П. Рыжов, И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3(68). – С. 39-44. – EDN LBWDET.

A. V. Borisova, D. E. Surkov

FEATURES OF STUDYING THE WORK OF AN ELECTRIC AND GAS WELDER

Abstract. The paper describes and characterizes electric and gas welding operations. The factors of the production environment that are significant in the profession of an electric and gas welder and determine his working conditions are considered. The methodological basis of the procedure for sanitary and hygienic monitoring of working conditions at the workplace of an electric and gas welder is given. The scheme of the instrument base for conducting studies of the factors of the production environment and the labor process at the workplace of an electric and gas welder is presented, taking into account the legal metrological requirements in the field of ensuring the uniformity of measurements. The structure of sanitary and hygienic monitoring of working conditions considered in the paper reflects the features and specifics of the work of an electric and gas welder, structures a significant amount of data and information to be considered when performing a special assessment of working conditions and production control.

Keywords: electric and gas welder, dangerous and harmful factors, safety, working conditions.

For citation: Borisova, A. V. Features of the Study of Working Conditions of an Electric and Gas Welder / A. V. Borisova, D. E. Surkov // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 13 – 20.

Сведения об авторах

Борисова Анастасия Викторовна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
доцент,
e-mail: nastja004@bk.ru

Сурков Денис Евгеньевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
студент,
e-mail: denchik.vamp@inbox.ru

Information about the authors

Borisova Anastasia Viktorovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Associate Professor,
e-mail: nastja004@bk.ru

Surkov Denis Evgenievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Student,
e-mail: denchik.vamp@inbox.ru

УДК 658.567.1 + 06

Л. И. Воробинская

АНАЛИЗ ОПЫТА УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ НА ПРИМЕРЕ АЗИАТСКИХ СТРАН¹

Аннотация. Статья посвящена анализу опыта утилизации отходов на примере азиатских стран, рассматривая проблему как одну из ключевых экологических задач современности. На основании анализа международного опыта выявлены успешные практики и стратегии, используемые в различных странах Азии для борьбы с накоплением отходов. К ним относятся переход к циркулярной экономике, инвестиции в инфраструктуру, введение строгих законов и образовательных программ, а также внедрение инновационных технологий. Особое внимание уделено особенностям утилизации отходов в Японии и Южной Корее, где применяются передовые технологии сортировки и переработки, такие как термальная обработка, рециклинг электронных отходов, использование переработанных материалов в строительстве, автоматизированные системы сортировки, RFID-технологии и интеллектуальные контейнеры.

Ключевые слова: отходы, утилизация отходов, накопление отходов, сортировка мусора, магнитные сепараторы, интеллектуальные контейнеры для мусора.

Для цитирования: Воробинская, Л. И. Анализ опыта утилизации отходов на примере азиатских стран / Л. И. Воробинская // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 21 – 26.

Проблема утилизации отходов является одной из важнейших экологических задач современности. С каждым годом человечество производит всё большее количество отходов, что создаёт серьёзные угрозы для окружающей среды и здоровья человека. Рассмотрим основные аспекты этой проблемы и возможные пути её решения.

Выделяют следующие причины роста объёмов отходов:

1. Рост населения: увеличение численности населения ведёт к увеличению потребления ресурсов и, соответственно, к увеличению объёма отходов.
2. Ускоренное потребление: современный образ жизни характеризуется быстрым оборотом товаров, что приводит к большому количеству одноразовых вещей и упаковки.
3. Развитие промышленности: производство товаров сопровождается образованием большого количества промышленных отходов, которые зачастую трудно утилизируются.
4. Недостаточно развитая культура сортировки: во многих странах отсутствует культура раздельного сбора отходов, что усложняет их переработку.

Негативные последствия накопления отходов очевидны. Выделим основные:

1. Загрязнение окружающей среды: отходы, попавшие на свалки или в природу, загрязняют почву, воду и воздух, что негативно сказывается на здоровье человека и экосистеме.
2. Захламление территорий: полигоны и свалки занимают огромные площади земли, которые могли бы использоваться для сельскохозяйственных нужд или жилищного строительства.

3. Распространение болезней: неправильно утилизированные медицинские и биологические отходы могут стать источником распространения инфекций и заболеваний.

4. Климатические изменения: выделение метана и углекислого газа из гниющих отходов на свалках способствует глобальному потеплению. [1]

Анализ мирового опыта утилизации отходов позволяет выявить успешные практики и стратегии, применяемые различными странами Азии для решения проблемы накопления отходов и снижения их негативного влияния на окружающую среду. На основе анализа зарубежного опыта можно выделить следующие общие тенденции:

1. Переход к циркулярной экономике: все больше стран переходят от линейной модели производства («взять-произвести-выбросить») к циклической, где ресурсы повторно используются максимально эффективно.

2. Инвестиции в инфраструктуру: страны, добившиеся успеха в утилизации отходов, активно вкладываются в строительство современных мусороперерабатывающих заводов и развитие необходимой инфраструктуры.

3. Строгие законы и регуляции: эффективные системы утилизации отходов обычно сопровождаются жесткими законами и нормативными актами, регулирующими деятельность компаний и поведение граждан.

4. Образовательные программы: повышение осведомленности населения о важности правильного обращения с отходами играет ключевую роль в успехе программ по утилизации.

5. Инновационные технологии: применение новейших технологий, таких как роботизированные системы сортировки, биоразлагаемые материалы и методы извлечения энергии из отходов, способствует улучшению качества утилизации [2].

Страны Азии отличаются разнообразием подходов к утилизации отходов, обусловленных культурными особенностями, уровнем экономического развития и плотностью населения. Рассмотрим особенности утилизации отходов в некоторых странах региона.

1) Япония известна своими передовыми технологиями в области переработки отходов. Основные особенности утилизации отходов в Японии включают:

- термальную переработку: Япония активно использует методы сжигания отходов для получения энергии. Это позволяет не только утилизировать значительное количество мусора, но и производить электричество и тепло.

- рециклинг электронных отходов: японское правительство ввело жесткие правила по утилизации электронных устройств, что привело к высокому уровню переработки электронных отходов. В стране созданы специализированные предприятия, занимающиеся извлечением ценных материалов из старой техники.

- использование переработанных материалов в строительстве: в Японии активно применяют переработанные материалы в строительстве дорог, мостов и зданий. Например, асфальт с добавлением переработанного пластика используется для покрытия дорог.

- культура сортировки отходов: в Японии существует строгая система раздельного сбора отходов, которую соблюдают большинство жителей. Для сортировки мусора используются следующие технологии:

- автоматизированные системы сортировки, которые оснащены оптическими сенсорами и роботами. Эти системы способны распознавать различные типы материалов и автоматически сортировать их.

- искусственный интеллект и машинное зрение: в некоторых японских компаниях разрабатываются системы искусственного интеллекта, способные обучаться и совершенствоваться в процессе работы. Эти системы могут идентифицировать сложные комбинации материалов и точно сортировать отходы.

- магнитные сепараторы: магнитные сепараторы используются для отделения металлических частиц от общего потока отходов. Это позволяет эффективно извлекать металлические элементы для дальнейшей переработки.

- баллистические сепараторы применяются для разделения легких и тяжелых фракций отходов. Легкие фракции, такие как пластик и бумага, поднимаются вверх, а тяжелые, такие как стекло и металл, остаются внизу.

2) Южная Корея также активно работает над улучшением системы утилизации отходов. Особенности утилизации отходов в Южной Корее включают:

- обязательная система раздельного сбора, что позволило существенно увеличить объемы переработки. За несоблюдение правил предусмотрены штрафы.

- утилизация пищевых отходов: органические остатки используются для производства компоста и биогаза, который затем применяется для выработки электроэнергии.

- развитие инфраструктуры: в стране построены современные мусороперерабатывающие заводы, оборудованные современными технологиями сортировки и переработки отходов.

- участие общественности: правительство Южной Кореи активно привлекает общественность к участию в программах по утилизации отходов, проводя образовательные кампании и акции.

Южная Корея также активно внедряет современные технологии сортировки мусора:

- RFID-технология - технология радиочастотной идентификации (RFID) для отслеживания движения отходов. Каждый контейнер оснащен RFID-меткой, что позволяет контролировать процесс сбора и транспортировки отходов.

- интеллектуальные контейнеры: в некоторых районах установлены интеллектуальные контейнеры, которые автоматически сжимают отходы и уведомляют операторов о необходимости их опустошения. Это помогает оптимизировать процесс сбора мусора.

- аэродинамические сепараторы используются для разделения легких и тяжелых фракций отходов. Воздушные потоки направляются через поток отходов, позволяя легким материалам подниматься и отделяться от тяжелых.

- инфракрасные сканеры применяются для определения типа материала и его свойств. Это помогает точно сортировать отходы и минимизировать ошибки.

3) Китай, будучи крупнейшей страной по населению и экономическому росту, сталкивается с серьезными проблемами в области утилизации отходов. Тем не менее, страна предпринимает активные меры для улучшения ситуации:

- инвестиции в инфраструктуру: Китай вкладывает значительные средства в развитие инфраструктуры для переработки отходов. Строятся современные мусороперерабатывающие заводы, использующие передовые технологии сортировки и утилизации.

- программа "Zero Waste Cities": В рамках этой инициативы китайские города стремятся достичь нулевого уровня захоронения отходов на полигонах. Программа включает развитие инфраструктуры для переработки и рециклинга, а также повышение осведомленности населения.

- увеличение объемов переработки, особенно пластика и электронных устройств. В стране действуют крупные предприятия по переработке отходов, которые экспортируют переработанное сырье на международный рынок.

- контроль за импортом отходов: после введения запрета на импорт определенных видов отходов в 2018 году, Китай ужесточил контроль за ввозом иностранных отходов, что заставило другие страны пересмотреть свои подходы к утилизации отходов.[3]

Будучи крупнейшим производителем и потребителем товаров, Китай сталкивается с огромными объемами отходов. Для их эффективного управления используются следующие технологии сортировки: 1) роботизированные системы сортировки, основанные на искусственном интеллекте и машинном зрении. Эти системы способны быстро и точно сортировать большие объемы отходов. 2) системы автоматического взвешивания, позволяющие отслеживать количество собранного мусора и оптимизировать логистику. 3) гибридные системы сортировки: в Китае комбинируют механические и автоматические методы сортировки. Механические системы отделяют крупные предметы, а автоматические

системы обрабатывают мелкие фракции. 4) электромагнитные сепараторы: используются для отделения черных металлов от общего потока отходов. Это позволяет эффективно извлекать железные и стальные элементы для дальнейшей переработки.

4) Индия, одна из крупнейших экономик Азии, сталкивается с большими проблемами в управлении отходами. Особенности утилизации отходов в Индии включают: 1) раздельный сбор и компостирование: В крупных индийских городах внедряются программы по раздельному сбору отходов и компостированию органических остатков. 2) работа с неформальными секторами: в Индии существует большой неформальный сектор переработки отходов, состоящий из людей, собирающих и сортирующих отходы вручную. Этот сектор играет важную роль в утилизации отходов, однако условия труда часто оставляют желать лучшего. 3) проблемы с инфраструктурой: недостаточная инфраструктура для переработки отходов остается одной из главных проблем Индии. Значительная часть отходов по-прежнему оказывается на свалках или сжигается без контроля. 4) экоактивизм: в последние годы в Индии наблюдается рост экоактивизма, направленного на улучшение ситуации с утилизацией отходов. Активисты организуют акции и кампании, привлекающие внимание к проблемам окружающей среды.

В Индии также происходят изменения в подходе к сортировке мусора, хотя уровень автоматизации пока ниже, чем в других странах Азии: 1) механические сепараторы для отделения крупных предметов от мелких. Это помогает подготовить отходы к дальнейшему процессу сортировки. 2) оптические сканеры: применяются для идентификации различных типов материалов, таких как пластик, бумага и металл. Эти системы помогают улучшить точность сортировки. 3) центры ручной сортировки: в Индии существуют центры ручной сортировки, где люди вручную сортируют отходы. Хотя этот метод менее эффективен, он создает рабочие места и помогает улучшить экологическую ситуацию. 4) образование и участие общественности: В Индии большое внимание уделяется образовательным программам и вовлечению общественности в процесс сортировки отходов. Это помогает формировать культуру ответственного отношения к окружающей среде.

5) Индонезия, являясь одним из крупнейших производителей пластикового мусора, также принимает меры по улучшению ситуации с утилизацией отходов:

- национальная стратегия по борьбе с пластиковым мусором: правительство разработало национальную стратегию по борьбе с пластиковым мусором, включающую инвестиции в инфраструктуру для переработки и рециклинга, а также образовательные программы для населения.

- партнерство с частным сектором: активно развивается сотрудничество между правительством и частным сектором для создания устойчивых моделей утилизации отходов. Крупные компании участвуют в проектах по переработке пластика и созданию экологически чистых продуктов.

- развитие инфраструктуры.

Индонезия также начинает внедрять современные технологии сортировки мусора:

- пилотные проекты по автоматической сортировке - эти системы помогут улучшить эффективность процесса и снизить зависимость от ручного труда.

- сотрудничество с международными компаниями;

- инфраструктура для переработки пластика: создаются объекты для переработки пластикового мусора, что позволит уменьшить количество отходов, попадающих в океаны.

Страны Азии демонстрируют разнообразные подходы к утилизации отходов, отражающие их уникальные культурные, экономические и социальные условия. Важно отметить, что успешные примеры, такие как Япония и Южная Корея, показывают, что сочетание строгих законов, инвестиций в инфраструктуру и участия общественности может привести к значительным улучшениям в управлении отходами. Другие страны, такие как Китай, Индия, также предпринимают активные шаги в этом направлении, стремясь минимизировать негативное влияние отходов на окружающую среду [4,7,8]

Как мы видим, эффективное управление отходами требует комплексного подхода, включающего развитие инфраструктуры, внедрение новых технологий, изменение законодательства и повышение осведомленности общества[5,6].

Библиографический список

1. **Чуканов А. А., Лутфулин М. Д., Игнатенко И. Е., Фетисов М. Г.** Утилизация отходов производства // Известия ТулГУ. Технические науки. 2024. №8. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-8-409-410
2. **Лаврова, К. А.** Исследование особенностей обращения с отходами на территории России и за рубежом / К. А. Лаврова, Е. А. Павлова // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. – 2023. – № 3(57). – С. 98-104. – DOI 10.6060/ivcofin.2023573.658
3. **Поплевин, А. С.** Анализ механизмов управления сферы обращения с отходами производства и потребления в азиатских странах / А. С. Поплевин, А. Ю. Барковская, В. Н. Азаров // Социология города. – 2024. – № 3. – С. 61-76. – DOI 10.35211/19943520_2024_3_61
4. **Рогожина, Н. Г.** Экологические риски урбанизации в странах Юго-Восточной Азии / Н. Г. Рогожина // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 102-118. – DOI 10.23932/2542-0240-2020-13-1-6
5. **Финоченко, В. А.** Инженерная экология: Учебное пособие / В. А. Финоченко, Г. Н. Соколова, Т. А. Финоченко // Под редакцией В.А. Финоченко. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – 164 с. – ISBN 978-5-88814-855-6. – EDN MLBGOP.
6. The constitutional right to a favorable environment as the basis for the ecologization of modern Russian legislation / M. Kostenko, O. Lupandina, O. Dymnikova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 116. – P. 07005. – DOI 10.1051/bioconf/202411607005. – EDN GEYHQQ.
7. **Хвостиков, А. Г.** Современные способы защиты селитебных территорий от твердых отходов / А. Г. Хвостиков // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4-2(23). – С. 174. – EDN PVJEKF.
8. **Хвостиков, А. Г.** Об эффективности экологического сбора / А. Г. Хвостиков, В. А. Фирсов // Транспорт: наука, образование, производство сборник научных трудов международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 25–27 апреля 2022 года. Том 3. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 71-74. – EDN MZCFXD.

L. I. Vorobinskaya

WASTE MANAGEMENT EXPERIENCE ANALYSIS: CASE STUDY OF ASIAN COUNTRIES

Abstract. The article analyzes the experience of waste disposal using the example of Asian countries, considering the problem as one of the key environmental challenges of our time. Based on the analysis of international experience, successful practices and strategies used in various Asian countries to combat waste accumulation have been identified. These include the transition to a circular economy, investments in infrastructure, the introduction of strict laws and educational programs, as well as the introduction of innovative technologies. Special attention is paid to the specifics of waste disposal in Japan and South Korea, where advanced sorting and recycling

technologies are used, such as thermal treatment, electronic waste recycling, the use of recycled materials in construction, automated sorting systems, RFID technologies and intelligent containers.

Keywords: waste, waste management, waste accumulation, waste sorting, magnetic separators, smart trash bins

For citation: Vorobinskaya, L. I. Waste Management Experience Analysis: Case Study of Asian Countries / L. I. Vorobinskaya // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 21 – 26.

Сведения об авторах

Воробинская Лидия Ивановна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
старший преподаватель,
e-mail: lida.vorobinskaya@mail.ru

Information about the authors

Vorobinskaya Lidia Ivanovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Senior Lecturer,
e-mail: lida.vorobinskaya@mail.ru

УДК: 372.879.6-796.0

Гао Цяньцян, Т. Г. Кириллова, К. О. Татарина, Р. Г. Шейхова

УЧАЩАЯСЯ МОЛОДЕЖЬ С ОТКЛОНЕНИЯМИ В СОСТОЯНИИ ЗДОРОВЬЯ: ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ¹

Аннотация. Статья посвящена вопросам организации безопасной двигательной активности детей и учащейся молодежи с отклонениями в состоянии здоровья. Подчеркивается, что охрана здоровья подрастающего поколения сегодня вышла на уровень национальной безопасности.

Ключевые слова: физическое воспитание, отклонения в состоянии здоровья, безопасность жизнедеятельности.

Для цитирования: Учащаяся молодежь с отклонениями в состоянии здоровья: организация безопасной двигательной активности / Гао Цяньцян, Т. Г. Кириллова, К. О. Татарина, Р. Г. Шейхова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 27 – 32.

Актуальность. Одной из наиболее важных проблем образовательных учреждений различного уровня России и других стран остается безопасное построение двигательной деятельности обучающихся, отнесенных по состоянию здоровья к третьей функциональной группе (специальная медицинская группа для занятий физической культурой). Известно, что общее состояние здоровья, успехи в учебной деятельности (а в будущем и успехи в профессиональной деятельности, безопасность и качество жизни) взаимосвязаны с физической подготовленностью данной категории людей. Эта взаимосвязь обуславливает актуальность исследований уровня физической подготовленности у обучающихся, отнесенных к специальной медицинской группе и рассматривается как результат их двигательной активности на учебных занятиях [1, 2].

Проблема безопасной организации занятий физической культурой для обучающихся школ и студентов колледжа, имеющих отклонения в состоянии здоровья, привлекает все более пристальное внимание специалистов, поскольку в окружающей среде наблюдается ежегодный рост вредных и опасных факторов различного происхождения, в первую очередь связанный с информатизацией и цифровизацией всех сфер человеческой деятельности [3, 4]. Организм подростков более подвержен разрушительному влиянию негативных последствий стрессорных воздействий, чем другие возрастные группы, но на сегодняшний день простых в использовании, малозатратных методов сохранения здоровья и приемлемого уровня стрессоустойчивости разработано крайне мало, и они требуют привлечения высококлассных специалистов, без которых обычному педагогу и родителю невозможно справиться [5, 6].

Цель исследования: повышение эффективности и безопасности организации занятий по физической культуре для детей, подростков и молодежи, имеющих отклонения в состоянии здоровья.

Были использованы следующие **методы исследования:** анализ научно-методической литературы, анкетирование и опрос, педагогический эксперимент, метод сравнения, диагностика функционального состояния организма и показателей физической подготовленности. Исследования проводились на базе образовательных школ и колледжей г. Ростова-на-Дону (Россия) и их ровесников из Китайской народной республики (КНР).

Результаты. Анализ медицинских карт здоровья позволил провести нам оценку встречаемости различных заболеваний в исследуемой группе.

Чаще всего встречаются нарушения органа зрения и нарушения опорно-двигательного аппарата (ОДА), нарушения слуха, вегето-сосудистые нарушения (рисунок 1), так как именно по перечисленным системам испытуемые набрали количество баллов, которое соответствовало уровню здоровья «ниже среднего» (интервал 37 – 48 баллов) «среднему» (25 – 36 баллов).

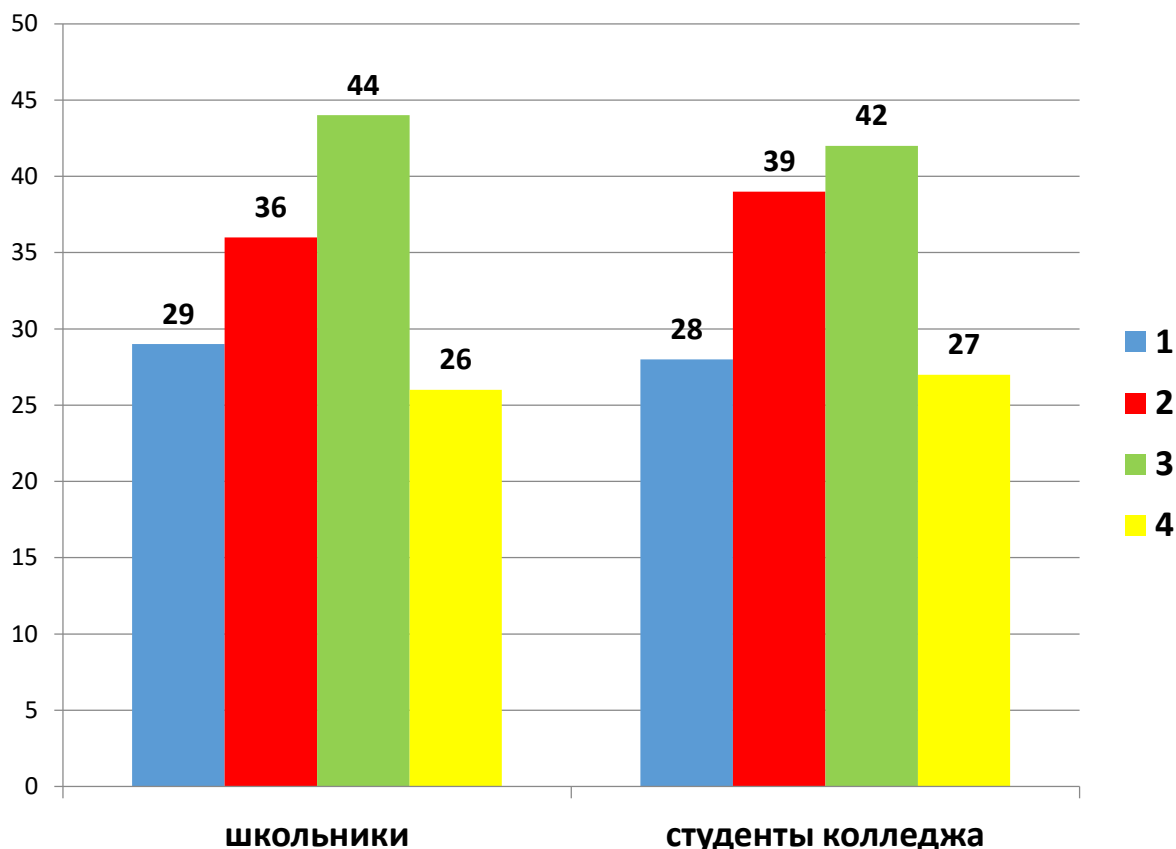


Рис. 1. Результаты оценивания уровня здоровья (резервов) организма школьников и студентов колледжа с использованием анкеты (средний балл по группе):

1 – симптомы астенического синдрома и хронической усталости (состояние центральной нервной системы), 2 – состояние опорно-двигательного аппарата, 3 – состояние зрительного и слухового анализатора, 4 – симптомы вегето-сосудистых нарушений

Мы проанализировали отношение обучающихся с отклонениями в состоянии своего здоровья к занятиям физической культурой. Выявлена низкая мотивация у большей части детей и подростков с отклонениями в состоянии здоровья, что, вероятно, можно объяснить и наличием симптомов астенического синдрома и хронической усталости в обследованных группах (рисунок 1). Кроме того, низкая мотивация связана и со страхом получить травму, так как слабовидящие, слабослышащие ребята и учащиеся с нарушениями ОДА имеют сниженные показатели качества функции равновесия, быстроты реакции, координации движений.

В процессе наших исследований выявлены разнонаправленные изменения показателей физической подготовленности в зависимости от нозологической группы. При этом даже заболевания, относимые к одной нозологической группе (нарушения вегетативной нервной системы), имеют достоверные различия в проявлениях показателей двигательных возможностей в зависимости от конкретной специфики болезни [7, 8].

Таким образом, сложность организации занятий будет определяться разнообразием заболеваний и низкой мотивацией к организованной двигательной активности. Все изложенное выше требует индивидуализирующего подхода в процессе проектирования занятий физической культурой, но в то же время необходимо помнить о сходных задачах, так как многие исследователи сходятся во мнении, что обеспечение безопасности жизнедеятельности и достижение активного и здорового долголетия различными категориями граждан тесно связано с развитием физических качеств и функциональных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем [9]

Индивидуальная программа развития двигательных возможностей обучающихся, имеющих отклонения в состоянии здоровья согласно данным литературы [1 – 4, 7, 8] должна осуществляться в соответствии с такими закономерностями как: постепенность роста интенсивности физических нагрузок, систематичность занятий физическими упражнениями, адекватность нагрузки уровню здоровья, рациональное сочетание тренировочных средств различной направленности и их эмоциональная окрашенность, ритмичность предлагаемой нагрузки (что согласуется с представлениями некоторых ученых об эффективности методов хронофизиологической адаптации).

Реализация целей требует глубокого научного подхода к организации и проведению занятий. При этом процесс активного вовлечения осуществляется путем проведения мероприятий информирования студента о результатах, полученных на этапе диагностических исследований и постановке первоочередных и долгосрочных целей и задач.

Процесс активного вовлечения обучающихся с отклонениями в состоянии здоровья на период их обучения в образовательном учреждении в выполнение двигательной нагрузки на занятиях ФК предполагает три этапа. Основные цели этих этапов представлены на рисунке 2.

На основании анализа литературы [9, 10] и полученных данных обследования нами составлена программа организации учебных занятий ФК для детей и учащейся молодежи с отклонениями в состоянии здоровья с акцентом на следующих критериях:

- дозирование нагрузки осуществляется в соответствии с индивидуальными показателями пульса и самочувствием занимающихся;
- увеличение объема нагрузок, связанных аэробной производительностью;
- повышение объема нагрузок на совершенствование координационных способностей, которые осуществляются двигательными действиями мышечных групп пояса верхней конечности и свободной верхней конечности;
- проектирование интенсивности и времени проведения двигательных упражнений на основе анализа динамических изменений текущего функционального состояния организма;
- изменение объемов выполняемой физической нагрузки в сравнении с типовой учебной программой (значительное увеличение объема физических упражнений на аэробную выносливость, на координационные возможности при уменьшении количества физических упражнений, направленных на развитие силовых возможностей и гибкости суставно-связочного аппарата)

Критерием безопасности и эффективности построения программы по ФК нами были выбраны показатели функционального состояния функции равновесия, сердечно-сосудистой и дыхательной систем с использованием таких информативных программно – аппаратных комплексов как «Психифизиолог» и стабиланализатор [10].

После внедрения описанной программы выявлена положительная динамика указанных показателей функционального состояния и физической подготовленности.

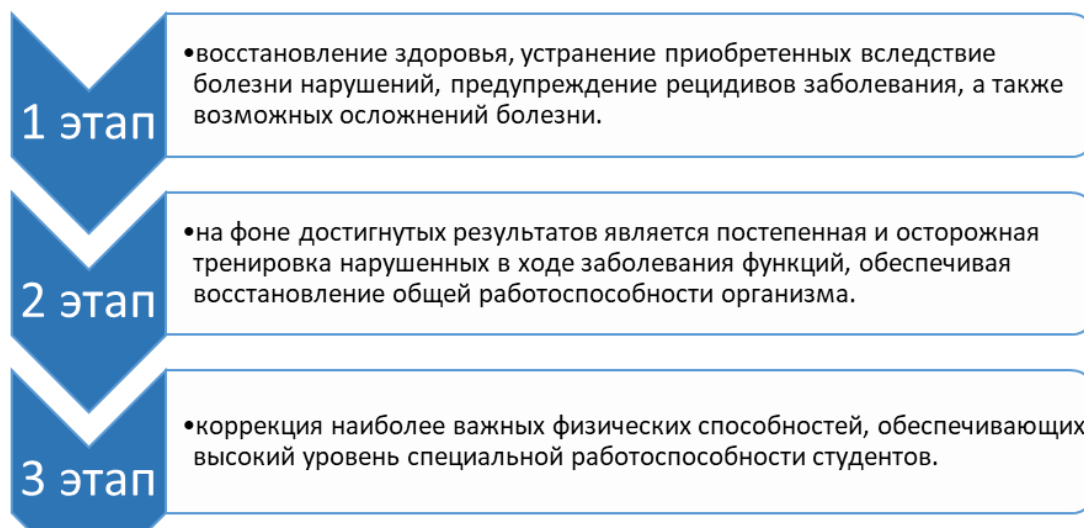


Рис. 2. Цели этапов экспериментальной работы

Заключение. Более широкое использование компьютеризированных программно – аппаратных комплексов позволяет повышать объективность оценки индивидуальных возможностей организма, что способствует увеличению безопасности и эффективности занятий физической культурой.

Ожидается, что тиражирование такого подхода к организации двигательной активности учащихся с отклонениями в состоянии здоровья будет содействовать не только усилению адаптационных резервов организма данной группы населения, но и в дальнейшем более успешной социальной адаптации в обществе, повышению производительности труда и профессиональному долголетию.

Библиографический список

1. **Зуйкова, Е. Г.** Педагогический контроль физической подготовленности студентов специальной медицинской группы / Е. Г. Зуйкова, Т. В. Бушма // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020. – Т. 15. – № 2. – С. 935-942. ISSN: 2076-4618
2. **Пешкумов, О. А.** О методических принципах организации занятий по физическому воспитанию в специальных медицинских группах / Пешкумов О. А. // В сборнике: Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России. – Чебоксары, 2023.– С. 697-698.
3. **Белавкина, М. В.** Промышленная санитария и гигиена труда. Здоровье и работоспособность. / М. В. Белавкина, А. В. Борисова, А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко, Т. А. Финоченко.– Ростов-на-Дону: РГУПС.– 2022.– 108 с. ISBN: 978-5-907494-06-0
4. **Лысенко, Д. С.** Ускоренное старение как риск цифровизации образования: возможности профилактики / Д. С. Лысенко, А. В. Лысенко, Л. А. Сорокина, Л. Г. Буйнов, А. В. Арутюнян // Успехи геронтологии. – 2022. – Т.35, №1 – С. 61–67. DOI: 10.34922/АЕ.2022.35.1.006
5. **Шуайбова, М. О.** Условия формирования личности безопасного типа поведения / М. О. Шуайбова, И. А. Алимова. Условия формирования личности безопасного типа поведения // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Психолого – педагогические науки.– 2018.– №4.– С. 92 – 98. DOI: 10.31161/1995-0659-2018-12-4-92-98

6. **Шейхова, Р. Г.** Влияние кинезиотерапии по методу Бубновского на биохимические показатели крови / Р. Г. Шейхова, А. В. Лысенко // Успехи геронтологии. – 2024. – Т. 37, № 5. – С. 666 – 667. ISSN: 1561-9125
7. **Кириллова, Т. Г.** Адаптационные механизмы к обучению в вузе студентов академии физической культуры и спорта / Т. Г. Кириллова, Т. Н. Ефимова // Таврический научный обозреватель. – 2016. – № 11-3 (16). – С. 43-45. eISSN: 2412-9356
8. **Лысенко, А. В.** Влияние возрастных особенностей на степень выраженности тревожно-депрессивных расстройств у спортсменов / А. В. Лысенко, Т. В. Таютина, Е. А. Недоруба, В. Н. Егоров, А. Ф. Степаненко // Валеология. – 2015. – № 2. – С. 59-64. ISSN: 2218-2268
9. **Лысенко, Д. С.** Активное и здоровое долголетие: надежды, разочарования, перспективы / Д. С. Лысенко, А. В. Лысенко, В. Н. Федорец, А. В. Арутюнян // University Therapeutic Journal. – 2023. – Т. 5. № 2. – С. 57-67. DOI: 10.56871/UTJ.2023.74.66.005
10. **Кириллова, Т. Г.** Показатели вегетативной регуляции у женщин в зависимости от стереометрии организма под влиянием стандартной физической нагрузки / Т. Г. Кириллова, Т. Л. Боташева, Л. Р. Гурбанова, А. В. Лысенко, О. А. Лушпаева // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2015. – № 8. – С. 81-86. ISSN: 1999-8554

Gao Qianqian, T. G. Kirillova, K. O. Tatarinova, R. G. Sheikhova

STUDENTS WITH HEALTH DISABILITIES: ORGANIZATION OF SAFE MOTOR ACTIVITY

Abstract. The article is devoted to the issues of organizing safe physical activity of children and students with health problems. It is emphasized that protecting the health of the younger generation today has reached the level of national security.

Key words: physical education, health problems, educational institutions at various levels.

For citation: Students with Health Problems: Organization of Safe Physical Activity / Gao Qianqian, T. G. Kirillova, K. O. Tatarinova, R. G. Sheikhova // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 27 – 32.

Сведения об авторах

Гао Цяньцян

Physical Education School of Taishan University
(Китай),
e-mail: tsiagao@sfedu.ru

Кириллова Татьяна Георгиевна

Южный федеральный университет (ЮФУ),
Академия физической культуры и спорта,
доцент,
e-mail: tgkirillova@sfedu.ru

Татаринова Ксения Олеговна

Южный федеральный университет (ЮФУ)
студент,

Information about the authors

Gao Qianqian

Physical Education School of Taishan
University (China),
e-mail: tsiagao@sfedu.ru

Kirillova Tatiana Georgievna

Southern Federal University (SFU),
Academy of Physical Culture and Sports,
Associate Professor,
e-mail: tgkirillova@sfedu.ru

Tatarinova Ksenia Olegovna

Southern Federal University (SFU),
Student,

e-mail: ktatarinova@sfedu.ru

e-mail: ktatarinova@sfedu.ru

Шейхова Рукият Гаджимурадовна

Дагестанский государственный университет
(ДГУ),

Биологический факультет,

кафедра «Биохимии и Биофизики»

доцент,

e-mail: sharg2006@mail.ru

Sheikhova Rukiyat Gadzhimuradovna

Dagestan State University (DSU),

Department of Biology,

Chair «Biochemistry and Biophysics»,

Associate Professor,

e-mail: sharg2006@mail.ru

УДК: 796/799

Н. В. Денис, А. В. Лысенко, Н. С. Дошук

**ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ РЕКРЕАЦИОННО – ПОЗНАВАТЕЛЬНЫЕ
ОБЪЕКТЫ РОССИИ И РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ:
ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ¹**

Аннотация. Систематизированы природные и антропогенные рекреационно – познавательные объекты на территории России и Беларуси, включенные в список ЮНЕСКО и перечень объектов, являющихся перспективными для включения. Изучены позитивные и негативные тенденции в развитии современного культурно – познавательного туризма в России и Республике Беларусь. Обсуждаются возможности для повышения эффективности использования природных и антропогенных рекреационных объектов наших стран. Подчеркивается роль экскурсий как важной формы организации культурно-познавательного туризма.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, оздоровительная рекреация, рекреационные ресурсы

Для цитирования: Денис, Н. В. Природные и антропогенные рекреационно – познавательные объекты России и Республики Беларусь: основы рационального использования / А. В. Лысенко, Н. С. Дошук, Н. В. Денис // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 33 – 38.

Актуальность. Многие специалисты признают превосходство рекреационных потребностей общества (направлены на восстановление и развитие физических и психических сил и всестороннее развитие всех членов) по сравнению с потребностями различных социальных групп и отдельной личности [1, 2]. Поэтому при планировании и организации различных форм рекреационной деятельности необходимо делать акцент на достижение результатов, способствующих воспроизводству трудового, оборонного и социально-культурного потенциала страны, в том числе подготовку к трудовой деятельности, продуктивному общению между людьми, развитию ранее заложенного воспитанием [2 - 4]. Это возможно при приоритетном развитии оздоровительной и культурно- познавательной форм рекреационной деятельности. В последние несколько лет все нарастающее значение в достижении активного и здорового долголетия и популярность среди населения приобретает такой вид рекреации как культурно-познавательный туризм (его еще часто называют экскурсионный). Росту его популярности способствовало включение нескольких территорий России и Республики Беларусь в список всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО.

Цель исследования: изучить позитивные и негативные тенденции в развитии современного культурно – познавательного туризма в России и Республике Беларусь и выявить возможности для повышения эффективности использования природных и антропогенных рекреационных объектов наших стран.

Результаты исследования. В России предметом особой гордости является Санкт – Петербург и его окрестности, так как всего 4 города мира (именно весь город целиком)

удостоились такой чести (остальные – Флоренция, Рим, Венеция). В список всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО уже включены 11 природных объектов и 1 культурный ландшафт (Куршская коса) на территории России и еще около 20 готовятся для внесения в данный перечень (таблица 1). В таблице 2 представлен перечень основных культурных объектов России, включенных в список ЮНЕСКО.

На территории Беларуси находится 4 объекта из данного списка: Национальный парк «Беловежская пуща», замковый комплекс «Мир» (построен в начале 16 века), геодезическое сооружение «Дуга Струве» и «Архитектурно – культурный комплекс резиденции Радзивиллов в Несвиже».

Таблица 1

Список российских природных рекреационно – познавательных объектов включенных в список ЮНЕСКО и перечень объектов, являющихся перспективными для включения

Уже в списке	Готовятся для включения
Леса Коми	Магаданский заповедник
Озеро Байкал	Командорские острова
Камчатские вулканы	Большое Васюганское болото
Золотые горы Алтая	Красноярские столбы
Западный Кавказ (биосферный заповедник, верховья таких притоков Кубани как река Белая и Малая Лаба)	Заповеданное Кенозерье
Центральный Сихотэ – Алинь, включая Долину реки Бикин	Ильменские горы
Убсунурская котловина	Башкирский Урал
Остров Врангеля	Хребет Оглахты
Плато Путорана	Национальный парк "Кыталык"
Ленские Столбы	Дельта Волги (Астраханский биосферный заповедник)
Ландшафты Даурии (граница с Монголией)	Башкирские шиханы Торатау, Куштау и Юрактау
Куршская Коса (Карелия) – национальный парк	Дельта Лены
	Соловецкие острова
	Зеленый пояс Фенноскандии (часть Карелии и Кольского полуострова)
	Валдай – великий водораздел
	Западный Саян
	Курильские острова

Еще несколько объектов на территории Республики Беларусь готовятся для включения в список ЮНЕСКО: гидротехническое сооружение 19 века «Августовский канал», Спасо – Преображенская церковь и Софийский собор в Полоцке, Борисоглебская (Коложская) церковь в Гродно, деревянные церкви Полесья, архитектурный ансамбль проспекта Независимости в Минске.

Главной формой организации культурно-познавательного туризма являются экскурсии по рекреационно- познавательным природным и культурно-историческим объектам. Многие

авторы отмечают, что экскурсия, являясь необычной формой общения и получения информации, имеет мощную педагогическую составляющую [5].

Таблица 2

**Список российских культурных рекреационно – познавательных объектов,
включенных в список ЮНЕСКО**

Уже внесены	Готовятся для включения
Санкт-Петербург и окрестности	Исторический центр Иркутска
Кижский погост	Ростовский кремль
Московский Кремль и Красная площадь	Джейрахско-Ассинский историко-архитектурный музей-заповедник
Исторические памятники Великого Новгорода и окрестностей	Археологический музей-заповедник Танаис (Ростовская область)
Историко – культурный комплекс Соловецких островов	Сокровища пазырыкской культуры (Алтай)
Белокаменные памятники Владимира и Суздаля	Петроглифы Каповой пещеры (Башкирия)
Архитектурный ансамбль Троице-Сергиевой лавры в городе Сергиев Посад	Мемориальный комплекс «Героям Сталинградской битвы» на Мамаевом кургане
Церковь Вознесения в Коломенском (Москва)	Исторический центр города Гороховец
Комплекс Казанского кремля	Исторический центр Енисейска
Ансамбль Ферапонтова монастыря	Петроглифы Сикачи-Аляна
Крепостные сооружения Дербента	Астраханский кремль
Новодевичий монастырь (Москва)	Село Вятское (Ярославская область)
Исторический центр Ярославля	Дивногорье (Воронежская область)
2 пункта геодезической дуги Струве (Ленинградская область)	Спасо-Преображенский собор и крепостные валы Переславского кремля
Булгарский историко-археологический комплекс	Воскресенский медеплавильный завод (Башкирия)
Успенский собор и монастырь острова-града Свияжск	Ханский дворец в г. Бахчисарай (Крым)
Древние храмы Пскова	Исторический центр города Торжок
Петроглифы Онежского озера и Белого моря	Генуэзская крепость (город Судак, Крым)
2 обсерватории Казанского федерального университета	Крымская астрофизическая обсерватория
Древний город Херсонес Таврический (Крым)	Пещерные города Мангуп-Кале и Эски-Кермен (Крым)
	Крепость Чуфут-Кале (Крым)

Позитивное педагогическое значение экскурсии имеет три основных момента:

- образовательное значение состоит в том, что человек любого возраста может «на месте» ознакомиться с предметом изучения, получить новую информацию о природных/общественных / исторических объектах/явлениях;
- воспитательное значение проявляется в том, что знакомство с традициями, обычаями и культурно – историческим, научно – техническим наследием своего народа в сравнении с информацией о других народах способствует формированию патриотизма и

позитивной трансформации ценностных ориентаций прежде всего молодого поколения, а также повышает культурный уровень и степень интеллектуального развития человека [6, 7];

- воспитательное, образовательное и развивающее значение состоит в формировании новых и развитии уже имеющихся позитивных качеств личности, например, бережному отношению к изучаемым и посещаемым объектам; способности к критическому мышлению, что в свою очередь способствует удовлетворению потребностей в самовыражении и творчестве, повышению физического и духовного потенциала индивида, формированию мировоззрения и научно-обоснованной, объективной картины мира за счет расширения кругозора [2, 5, 8].

К сожалению, многие авторы отмечают и негативные тенденции в развитии современного культурно – познавательного туризма, заключающиеся в чрезмерном увлечении организаторов развлекательными интерактивными мероприятиями (квест – задания и т.п.), которые, безусловно, в разумных количествах могут разнообразить формы, но ни в коем случае не должны нивелировать содержание и специфику культурно- познавательного туризма как образовательного ресурса [5]. Именно поэтому необходимо бережно сохранять и эффективно использовать экскурсию как самую активную форму обучения, как дидактическое средство, способное дать возможность участникам получить незабываемые впечатления, яркие эмоции и новые знания через применение на практике одного из главных педагогических принципов – принципа наглядности [1, 9]. Действительно, как основателями классической педагогики, так и представителями большинства современных педагогических школ доказано, что только наглядность (а не виртуальная реальность) позволяет завершить формирование в сознании человека модели объективной действительности. Особую ценность представляет возможность в рамках экскурсии продемонстрировать обучающимся применение полученных знаний на практике, что важно при получении как общего, так и профессионального образования, а также для всех возрастных групп населения в контексте концепции «образование через всю жизнь».

Заключение. Таким образом, рекреационно – познавательные ресурсы России и Беларуси весьма многочисленны и разнообразны (живет большое количество народностей с самобытной культурой и тысячелетней историей), представлены по всей территории наших стран, являются мощным средством гармоничного развития личности, давая возможность одновременно, в рамках даже одной экскурсии осуществлять эстетическое, нравственное, патриотическое, экологическое, трудовое воспитание [3, 5, 9].

Особым просветительским и воспитательным потенциалом обладают создаваемые под открытым небом музеефицированные комплексы, часть из которых расположена на территории национальных парков, заповедников, заказников или на отдельной территории какого-либо населенного пункта. Например, в России - это Костенки в Воронежской области, Аркаим в Челябинской области, «Мышкины палаты» в городе Мышкин Ярославской области, Город мастеров в Городецком районе Нижегородской области, а в Беларуси – это музей народной архитектуры и быта «Строчицы» и музейный комплекс старинных народных ремесел и технологий «Дудутки» (Минская область).

Безусловно, необходимо рационально использовать и развивать перечисленные туристско – рекреационные ресурсы наших стран [2, 3, 10]. Важно осуществлять поиск новых возможностей повышения эффективности рекреационной деятельности путем органичного сочетания основных функций культурно-познавательного туризма (образовательная, оздоровительная, реабилитационная, воспитательная, развивающая). При этом важно соблюдать не только правило «пропускного потенциала» рекреационной территории, находящихся на ней объектов и проживающих местных жителей (максимально допустимая нагрузка без серьезного ущерба от присутствия туристов), но и другое правило, состоящее в том, что удовлетворение рекреационных потребностей туристов должно быть педагогически и психологически оправдано [11].

Библиографический список

1. **Белавкина, М. В.** Промышленная санитария и гигиена труда. Здоровье и работоспособность. / М. В. Белавкина, А. В. Борисова, А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко, Т. А. Финоченко.- Ростов-на-Дону: РГУПС.– 2022.– 108 с.
2. **Ветитнев, А. М.** Лечебный туризм: учебное пособие / А. М. Ветитнев, А. С. Кусков - М.: ФОРУМ, 2010.– 592 с. ISBN: 978-5-91134-364-4
3. **Лысенко, Д. С.** Рекреационно- познавательные ресурсы: использование с позиций здоровья и безопасности жизнедеятельности / Д. С. Лысенко, Т. Н. Белова, Н. И. Врублевская // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1 (66). – С. 87 – 93
4. **Лысенко, Д. С.** Активное и здоровое долголетие: надежды, разочарования, перспективы/ Д. С. Лысенко, А. В. Лысенко, В. Н. Федорец, А. В. Арутюнян //UniversityTherapeuticJournal. – 2023. – Т. 5. № 2. – С. 57-67. DOI: 10.56871/UTJ.2023.74.66.005
5. **Черезова Н. С.** Культурно- познавательный туризм как ресурс в образовательной политике России / Н. С. Черезова, Г. У. Матушанский // Вестник Чувашского государственного университета им. И. Я. Яковлева. – 2023.- №1 (118). – С. 188 – 196. DOI: 10.37972/chgpu.2023.118.1.024
6. **Лысенко, А. В.** Потенциал массового спорта в сохранении здоровья в условиях формирования у молодежи клипового мышления / А. В. Лысенко, Т. А. Степанова, О. А. Лушпаева, Д. С. Лысенко, Т. В. Таютина, Е. А. Недоруба // Современные проблемы науки и образования.– 2015.– №1-2.– С. 297. eISSN: 2070-7428
7. **Эрендженова, Г. С.** Значение праздников в формировании общекультурных компетенций и социального здоровья / Г. С. Эрендженова, В. Д. Бурлыков, Д. С. Лысенко, Т. Н. Белова // Физическая культура, спорт, здоровье и долголетие. Сборник материалов одиннадцатой международной научной конференции. – Ростов-на-Дону – Таганрог, 2022. – С. 119-124.
8. **Гришанова, Н. В.** Бег по бездорожью как фактор формирования культуры здорового образа жизни населения / Н. В. Гришанова, А. В. Новиченко, А. Н. Балгурин // Здоровьесберегающие технологии: психическое и физическое здоровье. Сборник статей Международной научно – практической конференции. – Новополюцк, 2024. – С. 252 – 255.
9. **Нуждина, М.В.** Разработка культурно – познавательного тура / М.В. Нуждина // Московский экономический журнал .- 2019.- №4. – С. 13. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-14012
10. **Печинская, Я. В.** Концептуальные подходы к формированию туристического потенциала региона / Я. В. Печинская, О. В. Додонов, В. Н. Ананьева // Мир сорта. – 2021. – № 1 (82). – С. 95 – 97. ISSN: 1999-6748
11. **Рогач, С. М.** Теоретические подходы к сущности категорий "рекреационные ресурсы", "рекреационные услуги", "рекреационный потенциал" / С. М. Рогач // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 11. – С. 67-72. ISSN: 2073-0071

N. V. Denis, A. V. Lyenko, N. S. Doshchuk,

NATURAL AND ANTHROPOGENIC RECREATIONAL AND EDUCATIONAL OBJECTS OF RUSSIA AND THE REPUBLIC OF BELARUS: BASICS OF RATIONAL USE

Abstract. Natural and anthropogenic recreational and educational sites on the territory of Russia and Belarus, included in the UNESCO list and the list of sites that are promising for inclusion, have been systematized. Positive and negative trends in the development of modern cultural and educational tourism in Russia and the Republic of Belarus have been

studied. Opportunities for increasing the efficiency of use of natural and anthropogenic recreational facilities in our countries are discussed. The role of excursion as an important form of organizing cultural and educational tourism is emphasized.

Keywords: life safety, health recreation, recreational resources

For citation: Denis, N. V. Natural and Anthropogenic Recreational and Educational Objects of Russia and the Republic of Belarus: Fundamentals of Rational Use / N. V. Denis, A. V. Lysenko, N. S. Doshchuk // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 33 – 38.

Сведения об авторах

Денис Наталья Владимировна

Полоцкий государственный университет им.
Е. Полоцкой (ПГУ),
кафедра «Физической культуры»,
заведующий кафедрой,
e-mail: n.hryshanava@psu.by

Лысенко Алла Викторовна

Южный федеральный университет (ЮФУ),
Академия физической культуры и спорта,
профессор,
e-mail: alysenko@sfedu.ru

Дощук Николай Сергеевич

Южный федеральный университет (ЮФУ),
Академия физической культуры и спорта,
студент,
e-mail: doshchuk@sfedu.ru

Information about the authors

Denis Natalya Vladimirovna

Polotsk State University named after. E.
Polotskaya (PSU),
Chair «Physical Culture»,
Head of the Chair,
e-mail: n.hryshanava@psu.by

Lysenko Alla Viktorovna

Southern Federal University (SFU),
Academy of Physical Culture and Sports,
Professor,
e-mail: alysenko@sfedu.ru

Doshchuk Nikolai Sergeevich

Southern Federal University (SFU),
Academy of Physical Culture and Sports,
Student,
e-mail: doshchul@sfedu.ru

УДК 331.45+796.035

Д. С. Лысенко, Е. А. Вервейн, О. Г. Барган

ПСИХО – ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЗОПАСНОЙ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ¹

Аннотация. В статье рассматриваются особенности отечественных и зарубежных моделей организации и ведения рекреационной (в т.ч. курортной) деятельности. Отмечается, что главным выгодным отличием отечественной модели (основанной на советской научной школе) является мощный теоретический базис. В современных условиях рыночной экономики, где величина прибыли зачастую побеждает доводы здравого смысла, важной проблемой становится сохранение научных подходов к развитию и организации курортов, к исследованию свойств курортных факторов и их влияния на организм. Знание психо - физиологических основ организации рекреационной деятельности позволяет не только разрабатывать эффективные и безопасные методики оздоровления, но и обеспечивать сохранение рекреационных территорий для будущих поколений.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, оздоровительная рекреация, рекреационные ресурсы

Для цитирования: Лысенко, Д. С. Психо – физиологические основы организации безопасной рекреационной деятельности / Д. С. Лысенко, Е. А. Вервейн, О. Г. Барган // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 39 – 44.

Изучение научных основ организации рекреационной деятельности остается **актуальной**, поскольку в современном обществе риска рекреационные потребности отдельного человека, различных социальных групп и населения в целом растут буквально с каждым днем [1 - 3]. Решение **проблемы** повышения вероятности выживания человека в экстремальных условиях и обеспечения безопасности жизнедеятельности в современном обществе усложняется тем, что увеличивается не только многообразие опасных ситуаций и степень их сложности, но и трудность управления рисками и предсказания их последствий [3 - 5]. Особенности рисков XXI века требуют от организма человека крайнего напряжения адаптационных возможностей (Рис.1), что в свою очередь диктует необходимость роста эффективности восстановления физического и психического компонентов здоровья (в т.ч. и путем рекреационной деятельности).

В современных условиях рыночной экономики, где величина прибыли зачастую побеждает доводы здравого смысла, научный подход к развитию и организации курортов, к исследованию свойств курортных факторов и их влияния на организм может оказаться ведущим фактором, который не только позволит разрабатывать эффективные и безопасные методики оздоровления, но и обеспечивать сохранение рекреационных территорий для будущих поколений.

Цель работы – систематизировать отечественный и зарубежный опыт использования психо-физиологического обоснования планирования и организации безопасной для населения и территорий рекреационной деятельности.

Результаты исследования. В настоящее время существует три весьма различающихся модели организации и ведения рекреационной (в т.ч. курортной) деятельности [1].

Традиционные риски (до 18 века включительно) - многие риски этого типа воспринимались органами чувств и относились к рискам первого порядка (причинно - следственные связи сравнительно легко выявляются, прогнозируются и даже предотвращаются)

Индустриальные риски (в 19 и 20 веке) - многие риски этой группы были ограничены во времени и пространстве, относились к технологическим рискам первого порядка, которыми сравнительно легко управлять при соблюдении техники безопасности (аварии на транспорте, на предприятиях, травмы в быту и на производстве)

Современное постиндустриальное/ информационное общество и общество постмодерна (21 век) - увеличилось число рисков второго порядка (трудно прогнозировать и предотвращать, так как неуправляемы), многие риски приобрели глобальный характер не только в пространстве, но и во времени (люди, общество, мир подвергаются постоянному риску, например, терроризм, информационные войны), становится опасным не только действие, но и бездействие, не только незнание, но и знание (появилась возможность вмешиваться в биологическую природу человека, воздействовать на климат и т.п.)

Рис. 1. Особенности рискоопасных ситуаций XXI века

Особенности российской модели (основана на советской научной школе):

- главное выгодное отличие от других – мощный научный (теоретический) базис: ученые разрабатывают научные основы развития и организации курортов и рекреационных зон, исследуют физико-химические, биологические и другие свойства курортных факторов (вода, грязи, климат и т.п.) и их влияния на организм, разрабатывают новые методики оздоровления и использования рекреационных ресурсов;

- рекреация и курортное дело, являясь важной частью экономики сферы услуг, выполняет и социальные задачи (укрепление здоровья населения, восстановление трудовых ресурсов, обеспечение занятости и создание новых рабочих мест на рекреационных территориях, развитие инфраструктуры);

- стремление сочетать лечение, оздоровительный отдых и профилактику заболеваний с культурно-познавательной и развлекательной деятельностью (использование дозированных физических нагрузок, например, терринкуров);

- курортная отрасль изначально являлась доминирующей в туризме России, поэтому отличается мощной материально-технической и научной базой для диагностики и лечения (например, научно-исследовательские институты курортологии в Москве, Пятигорске, Томске и других городах);

- от туристов требуется строгое соблюдение диеты, распорядка дня и режима приема лечебных и оздоровительных процедур;

- культурно-познавательный туризм в дореволюционной России имел просветительскую составляющую; а в советский период добавилась очень мощная научная (например, психо-физиологическая и педагогическая, в том числе воспитательная), а также идеологическая база.

Западноевропейская модель (отличается агрессивной ценовой политикой):

- для лечебного и оздоровительного туризма характерно создание узкоспециализированных комфортабельных клиник / СПА - комплексов для лечения/профилактики какой-то одной патологии при использовании какого-либо природного монофактора или одного аппарата, технологии;

- высокая техническая оснащенность курортов в основном направлена на использование СПА-технологий и «омолаживающих» процедур (косметология, талассотерапия и пр.), что в сочетании со слабым врачебным контролем (рекреанты не обязаны следовать советам врачей, соблюдать режим, диеты и т.п.) приводит к тому, что результаты оказываются ниже, чем аналогичные российские курсы;

- культурно-познавательный туризм больше ориентирован на развлекательную функцию при отсутствии развивающей и воспитательной.

Восточноевропейская модель (промежуточная между российской и западной):

- лечебный и оздоровительный отдых построен по типу «отель – региональный медицинский общекурортный центр»;

- предусмотрен обязательный врачебный контроль за выполнением назначенных процедур, хотя требования к соблюдению режима и диеты практически отсутствуют;

- воспитательная функция культурно-познавательного туризма практически исчезла после развала блока стран Варшавского договора.

Психо-физиологические основы организации рекреационной деятельности разрабатывали отечественные и зарубежные специалисты. Еще в 70-е годы XX века американский ученый К. Дженсен в своей книге «Отдых на свежем воздухе в Америке» [1] предложил учитывать такой феномен человеческой психики как антиципация (предвкушение, умение предугадывать в какой-то степени развитие предстоящих событий, то есть создавать «образ будущего») и склонность к воспоминаниям о приятных событиях в прошлом. На этой основе российскими учеными из Московского государственного университета под

руководством Мироненко Н.С. [6] была разработана *адаптационная модель* рекреационной деятельности, согласно которой рекреация (чтобы быть максимально эффективной) должна состоять из трех последовательно сменяющих друг друга фаз, соединяющих пассивный и активный вид отдыха, а также гармонично сочетать интересы туристов (рекреантов, гостей) и местных жителей (Рис.2).

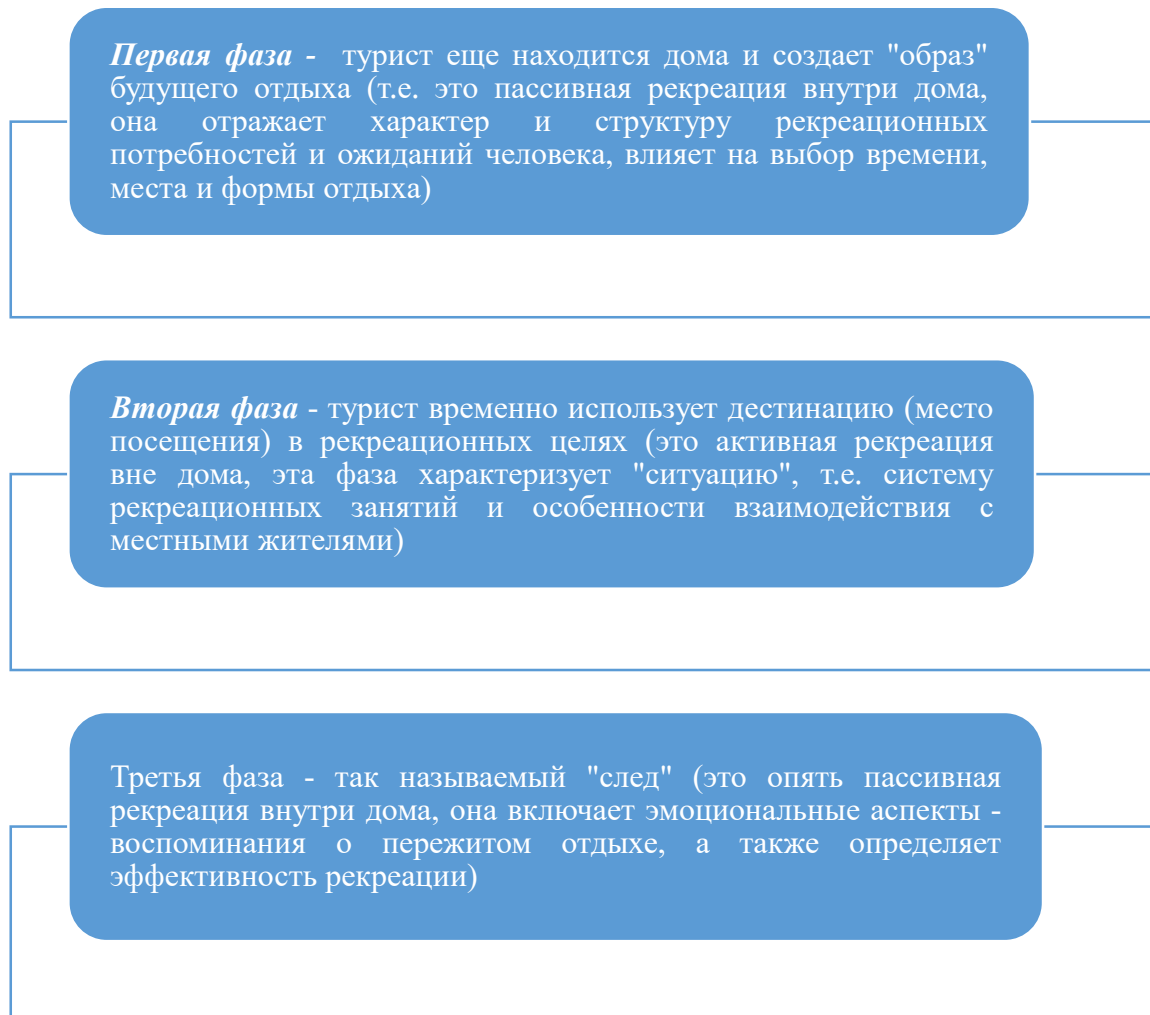


Рис. 2. Психо – физиологические механизмы последовательного развития фаз рекреации согласно адаптационной модели Мироненко

Анализируя научные основы моделей рекреационной деятельности, следует отметить разработанную еще в Советском Союзе и применяемую в современной России модель территориальной рекреационной системы, которая состоит из пяти взаимосвязанных элементов [6]:

- отдыхающие (туристы или рекреанты);
- природные и культурные объекты и явления;
- технические сооружения (хозяйство, инфраструктура);
- обслуживающий персонал (население рекреационной территории);
- органы управления (исследователи и принимающие решения).

Заключение. Как показывает изучение опыта отечественных и зарубежных специалистов, использование той или иной из описанных моделей определяет уровень эффективности рекреации для туристов, оказывает влияние на планирование и организацию

рекреационной деятельности, а также на дальнейшее развитие рекреационных территорий с учетом последствий для местного населения и окружающей среды [1, 6 - 8]. Анализ научной литературы позволил нам прийти к заключению, что знание психо - физиологических основ организации рекреационной деятельности позволяет не только разрабатывать эффективные и безопасные методики оздоровления, но и обеспечивать сохранение рекреационных территорий для будущих поколений. Такой подход способствует исключению негативных экологических или социальных последствий, в том числе разнообразных конфликтов между «хозяевами» и «туристами», например, на почве потребительского отношения к природным ресурсам и культурно – историческим ценностям [2, 9 – 11].

Библиографический список

1. **Ветитнев, А. М.** Лечебный туризм: учебное пособие / А. М. Ветитнев, А. С. Кусков – М.: ФОРУМ, 2010.– 592 с. ISBN: 978-5-91134-364-4
2. **Лысенко, Д. С.** Рекреационно- познавательные ресурсы: использование с позиций здоровья и безопасности жизнедеятельности / Д. С. Лысенко, Т. Н. Белова, Н. И. Врублевская // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1 (66). – С. 87 – 93
3. **Лысенко, Д. С.** Активное и здоровое долголетие: надежды, разочарования, перспективы / Д. С. Лысенко, А. В. Лысенко, В. Н. Федорец, А. В. Арутюнян // UniversityTherapeuticJournal. – 2023. – Т. 5. № 2. – С. 57-67. DOI: 10.56871/UTJ.2023.74.66.005
4. **Лысенко, Д. С.** Значение физической подготовки в ряду факторов, влияющих на эффективность действий в чрезвычайных ситуациях / Д. С. Лысенко, В. А. Кравицкий, Т. Н. Белова // Физическая культура, спорт, здоровье и долголетие. Сборник материалов двенадцатой международной научной конференции. – Ростов – на- Дону – Таганрог, 2023.– С. 50-57.
5. **Белавкина, М. В.** Промышленная санитария и гигиена труда. Здоровье и работоспособность. / М. В. Белавкина, А. В. Борисова, А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко, Т. А. Финоченко.– Ростов-на-Дону: РГУПС.– 2022.– 108 с. ISBN: 978-5-907494-06-0
6. **Мироненко, Н. С.** Тенденции и перспективы развития рекреационной географии в России / Н. С. Мироненко, Э. М. Эльдаров // География и природные ресурсы. – 2016. – №2.– С. 12 – 18
7. **Одилова, Р. К.** Краткая характеристика зарубежного опыта управления туристско – рекреационными комплексами / Р. К. Одилова // Таджикистан и современный мир.– 2020.– №4 (72).– С. 119 – 130. ISSN: 2075-9584
8. **Ибрагимов, Э. Э.** Культурно-познавательный туризм как направление использования и охраны культурного наследия Республики Крым/ Э.Э. Ибрагимов, В.С. Анохин // Russian Studies in Culture and Society. – 2023. – Т. 7. – № 2. – С. 52-66. DOI: 10.12731/2576-9782-2023-2-52-66
9. **Черезова, Н. С.** Культурно - познавательный туризм как ресурс в образовательной политике России / Н. С. Черезова, Г. У. Матушанский // Вестник Чувашского государственного университета им. И. Я. Яковлева. – 2023.– №1 (118). – С. 188 – 196. DOI: 10.37972/chgru.2023.118.1.024
10. **Планидин, Е. С.** Становление и развитие рекреации как социального явления в системе спортивно-оздоровительной деятельности/ Е. С. Планидин // Гуманитарий Юга России. – 2022. – Т. 11. № 4. – С. 75-83. DOI: 10.18522/2227-8656.2022.4.5
11. **Олейник, М. А.** Семейные традиционные ценности и их связь со здоровьем и долголетием / М. А. Олейник, А. В. Лысенко // Физическая культура, спорт, здоровье и долголетие. Материалы тринадцатой международной научной конференции. – Ростов-на-Дону – Таганрог, 2024. – С. 114 – 118.

D. S. Lysenko, E. A. Vervein, O. G. Bargan

PSYCHO – PHYSIOLOGICAL BASES OF SAFE RECREATIONAL ACTIVITIES ORGANIZATION

Abstract. The article discusses the features of domestic and foreign models of organizing and conducting recreational (including resort) activities. It is noted that the main advantageous difference of the domestic model (based on the Soviet scientific school) is its powerful theoretical basis. Knowledge of the psycho-physiological foundations of organizing recreational activities allows not only to develop effective and safe methods of healing, but also to ensure the preservation of recreational areas for future generations.

Keywords: life safety, health recreation, recreational resources

For citation: Lesenko, D. S. Psycho – Physiological Bases of Safe Recreational Activities organization / D. S. Lysenko, E. A. Vervein, O. G. Bargan // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 39 – 44.

Сведения об авторах

Лысенко Дмитрий Сергеевич

Южный федеральный университет (ЮФУ),
Академия физической культуры и спорта,
старший преподаватель,
e-mail: dslysenko@sfedu.ru

Вервейн Евгений Александрович

Южный федеральный университет (ЮФУ),
Академия физической культуры и спорта,
студент,
e-mail: verveyayn@sfedu.ru

Барган Олеся Геннадьевна

Школа №60,
учитель – дефектолог,
e-mail: DimaSL22@mail.ru

Information about the authors

Lysenko Dmitry Sergeevich

Southern Federal University (SFU),
Academy of Physical Culture and Sports,
Senior Lecturer,
e-mail: dslysenko@sfedu.ru

Vervein Evgeniy Alexandrovich

Southern Federal University (SFU),
Academy of Physical Culture and Sports
Student,
e-mail: verveyayn@sfedu.ru

Bargan Olesya Gennadievna

School № 60,
Teacher – Defectologist,
e-mail: DimaSL22@mail.ru

УДК: 372.879.6-796.0

Т. К. Придворова, М. В. Белавкина

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ АКВААЭРОБИКИ ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ ЖЕНЩИН¹

Аннотация. Статья рассматривает подходы к построению занятий аквааэробикой для женщин второго зрелого возраста. Акцент упражнений делается на стабилизацию возрастных изменений и темпов старения, улучшение физиологических показателей и психоэмоционального состояния.

Ключевые слова: аквааэробика, профессиональное долголетие, безопасность жизнедеятельности, охрана труда.

Для цитирования: Придворова, Т. К. Правила безопасности при составлении оздоровительных комплексов аквааэробики для продления профессионального долголетия женщин / Т. К. Придворова, М. В. Белавкина, // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 45 – 49.

Актуальность. Для большинства стран сегодня характерна тенденция, связанная с увеличением количества людей старшей возрастной группы. С одной стороны, этот факт свидетельствует о достижениях общества в социально-экономическом плане и уровне развития здравоохранения. С другой, делает актуальной задачу вовлеченности лиц старшей возрастной группы в социальные институты, повышение качества жизни.

Перед специалистами в области охраны труда, физической культуры и спорта стоит задача поиска мероприятий, направленных на повышение работоспособности, продление активного долголетия, сохранение здоровья, стабилизацию возрастных изменений [1, 2]. Особенную роль играет организация работы с женщинами, поскольку среди людей обозначенного возраста они составляют большинство. Кроме того, женщины зрелого возраста связаны с выполнением широкого спектра социально-педагогических задач, что определяет необходимость укрепления здоровья не только с точки зрения физиологии, но и улучшения психологического комфорта [3, 4].

Физиологическое старение характеризуется установленным темпом и последовательностью возрастных изменений, которые соответствуют биологическим и адаптационно-регуляторным возможностям определённого сообщества людей. Отличительной чертой данного явления считается тот факт, что оно не отягощено болезнями и является естественным процессом развития. Однако для того, чтобы этот процесс протекал успешно и не преждевременно, необходимо создавать оптимальные условия для жизни людей, связанные, прежде всего, с двигательной активностью [5].

Проблему оптимизации двигательной активности работающих женщин зрелого возраста невозможно решить без тщательного отбора оздоровительных программ по такому критерию как безопасность, что подразумевает необходимость учета особенностей морфофункциональных изменений, связанных с возраст-ассоциированным снижением адаптационных возможностей и качества жизни [6, 7].

Цель исследования: на основании анализа данных собственного экспериментального исследования сформулировать правила составления безопасных оздоровительных комплексов аквааэробики для продления профессионального долголетия женщин.

Результаты. Базой экспериментального исследования стал женский фитнес-клуб «AquaDeva», г. Ростов-на-Дону. К участию в эксперименте были привлечены женщины второго зрелого возраста, участие было добровольным.

Женщинам была представлена цель работы, а также прогнозируемые результаты. Работа шла около года (с 15 января по 25 декабря 2024 г.) и предусматривала группу, состоящую из 20 человек. Результаты, полученные в начале и в конце исследования, сравнивались при помощи Т-критерия Стьюдента для зависимых выборок. От женщин требовалось систематическое посещение занятий (2 раза в неделю).

На рисунке 1 представлены показатели функционального состояния участниц нашего исследования. Оценивали индекс массы тела, пробу Штанге (задержка дыхания на вдохе как показатель устойчивости к гипоксии) и пробу Ромберга (как показатель качества функции равновесия: стоять на нетолчковой ноге, руки вытянуты вперед, пальцы разведены, глаза закрыты). Необходимо отметить, что первоначальная длительность задержки дыхания по группе даже превышала возрастные нормы, тогда как значения длительности статической балансировки были сдвинуты в интервал «неудовлетворительно», а показатели индекса массы тела соответствовали интервалу «ожирение первой степени».

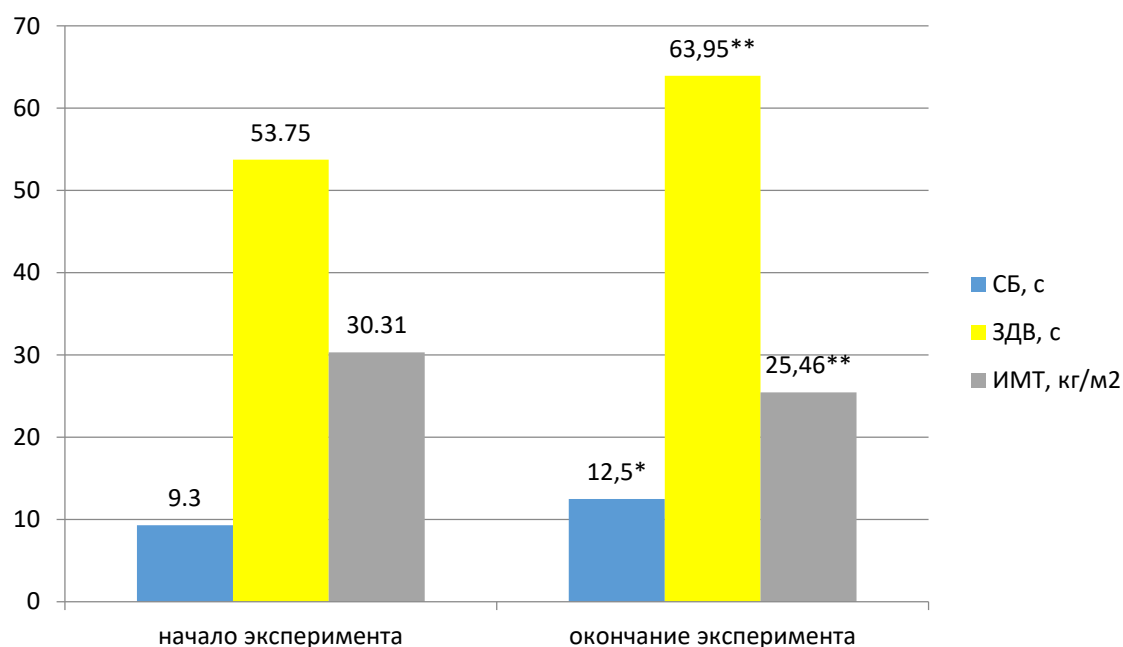


Рис. 1. Динамика показателей функционального состояния женщин второго зрелого возраста до и после годичного использования составленной оздоровительной программы:

СБ – длительность статической балансировки в позе Ромберга, ЗДВ – длительность задержки дыхания на вдохе, ИМТ – индекс массы тела.

Далее мы приступили к составлению программы оздоровительных занятий аквааэробикой.

Важнейшим фактором, который необходимо учитывать при планировании занятий с женщинами второго зрелого возраста является состояние опорно-двигательного аппарата [7, 8]. После тридцати пяти лет женщины становятся подвержены процессу разрежения костной ткани, содержание минеральных солей в костях увеличивается, при этом происходит снижение органических веществ. Это может спровоцировать развитие остеопороза. Функционирование синовиальных суставов становится хуже, что связано с уменьшением в них синовиальной жидкости. Данный факт может вызывать неприятные ощущения, как в

состоянии покоя, так и при движениях. Кроме того, развиваются дистрофические изменения суставных хрящей, снижается степень конгруэнтности суставных поверхностей. Уменьшается костная масса, резорбция кости преобладает над ее образованием: снижается всасывание в кишечнике кальция, витамин D хуже усваивается. Наблюдается снижение массы мышечной ткани, а также ухудшение эластичности. Некоторые мышцы атрофируются, что вызывает падение содержания энергетических веществ в них. Все это приводит к ухудшению активности мышечных волокон, их сократимости, потере уровня эластичности и упругости [8, 9].

С учетом данных факторов, необходимо включать в тренировочный процесс женщин данной возрастной группы дозированные силовые упражнения. При этом они не должны оказывать осевую нагрузку на колени, таз, с осторожностью оказывать влияние на позвоночник. Рекомендуется использование подвешеного оборудования. За счет того, что упражнения выполняются в висе, пространство между позвонками увеличивается, позвоночник вытягивается, вследствие чего давление на межпозвоночные диски снимается. Использование упражнений в висе не только будет способствовать укреплению мышц спины, но также приведет к нормализации кровотока, устранению периодически возникающих болевых ощущений в области спины.

Известно, что практически любое движение в воде выполняется с силовой направленностью из-за сопротивления среды, однако, при работе с данной возрастной группой становится необходимым применение гантелей для аквааэробики, нудлов и ладошек. Гантели за счет большего веса в воде способствуют не только формированию рельефа тела, но и развитию силы; нудл легче гантелей, однако с их помощью получается выполнять упражнения на баланс, упражнения с фиксацией грудной клетки или с фиксацией таза. Это помогает укрепить глубокие косые мышцы живота.

Климатерический период оказывает сильное воздействие на гормональный фон женщин, что может повлиять как на эмоциональные проявления, так и вызвать изменения телосложения. Чтобы стабилизировать гормональный фон, необходимо использовать нагрузки умеренной интенсивности, при постепенном возрастании. Также важно соблюдать режим тренировок и не перегружать организм. Занятия во время менопаузы должны быть регулярными, в неделю должно уходить не менее 120-150 минут активности. Следует включать релаксационный компонент, это будет усиливать деятельность парасимпатической нервной системы и способствовать выработке гормонов окситоцина, эндорфина, что улучшает эмоциональное состояние и избавляет от внутренней тревоги и факторов внешнего раздражения, особенно в условиях интенсивных информационных нагрузок [10]. Рекомендуется формировать в группе благоприятную эмоциональную атмосферу (в том числе и за счет музыкального сопровождения).

Среди женщин данной возрастной группы наблюдается снижение жизненной емкости легких, что может провоцировать появление одышки. Известно, что показатель ЖЕЛ снижается на 50% в возрасте от 40 до 80 лет, а это повышает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний [1, 2]. Несмотря на довольно высокие показатели в пробе Штанге, мы включили в программу занятий дыхательные практики для профилактики ухудшения данного показателя в будущем.

У женщин с возрастом возникают проблемы с обменом веществ и с лишним весом. Помимо субъективных переживаний и дискомфорта по поводу лишнего веса, данный факт способствует риску возникновения серьезных заболеваний, таких как диабет, атеросклероз, нарушение работы сердечно-сосудистой, дыхательной, гормональной системы. Пищевой порог чувствительности гипоталамуса (пищевого центра) повышается с возрастом, поэтому у женщин данной возрастной группы растет аппетит, а обмен веществ и уровень двигательной активности снижается, что способствует накоплению жира в организме. Стоит отметить, что увеличение жировой ткани связано с тем, что обмен веществ физиологически замедляется, возникают гормональные перестройки, физическая активность снижается, копятся

заболевания и формируются возрастные изменения. Распределение и отложение жира в организме женщины меняется с возрастом. Известно, что в возрасте 30-40 лет происходит смещение жировых отложений в большей степени в бедренную и ягодичную области, а в возрасте 50-60 лет излишки веса и жировые отложения в основном образуются в области талии. Более того, ожирение сильно влияет на работу сердца. Увеличивается объем крови и сердечный выброс крови, повышается ЧСС, вследствие чего увеличивается риск развития сердечной недостаточности [7 -9].

Если у занимающихся имеется лишний вес, надо понимать, что возникает повышенная нагрузка на осевой и добавочный скелет, на сердечно сосудистую систему, поэтому важно следить за характером упражнений. Нагрузка должна быть низкой или умеренной интенсивности, это можно определить по частоте пульса и по характеру дыхания клиентов. Стоит исключить кардиотренировки на суше, поскольку такая активность лишь ухудшит работу сердца и ОДА. Рекомендуются посещать занятия 2-3 раза в неделю длительностью от 40 до 60 минут. Такое время занятий приводит к использованию жира как источника энергии.

После использования составленного нами оздоровительного комплекса упражнений аквааэробики при повторном тестировании спустя год зарегистрированы позитивные изменения изученных показателей: длительность статической балансировки достоверно улучшилась на 34% ($p < 0,05$), а также отмечена тенденция к достоверному улучшению пробы Штанге (на 19%, $0,05 < p < 0,1$) и индекса массы тела (на 16%, $0,05 < p < 0,1$).

Заключение. Правильно подобранные упражнения и уровень нагрузки, основанные на анализе функционального состояния женщин второго зрелого возраста, могут способствовать стабилизации возрастных изменений, улучшению физиологических показателей и психоэмоционального состояния. Следовательно, составленные с учетом описанных нами правил программы оздоровительных занятий физическими упражнениями можно рекомендовать в качестве безопасных способов поддержания профессионального долголетия женщин предпенсионного возраста и работающих пенсионеров.

Библиографический список

1. **Белавкина, М. В.** Промышленная санитария и гигиена труда. Здоровье и работоспособность. / М. В. Белавкина, А. В. Борисова, А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко, Т. А. Финоченко.- Ростов-на-Дону: РГУПС.- 2022. – 108 с.
2. **Финоченко, Т. А.** Состояние психосоматического здоровья в неблагоприятных условиях профессиональной деятельности / Т. А. Финоченко, А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2017. – 101 с.
3. **Белавкина, М. В.** Медицинские и психолого-педагогические аспекты организации физической культуры людей среднего и пожилого возраста / М. В. Белавкина, А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко, В. Н. Федорец // Медицина: теория и практика. – 2022. – Т. 7, №4. – С. 52-62, ISSN: 2658-4190
4. **Белавкина, М. В.** Подготовка специалистов в области спортивной педагогики для работы с лицами старшей возрастной группы / М. В. Белавкина, Т. К. Придворова // Инновационные преобразования в сфере физической культуры, спорта и туризма: сб. материалов XXV всероссийской научно-практической конференции. Ростов - на -Дону, 2022. – С. 15-19.
5. **Лысенко, Д. С.** Активное и здоровое долголетие: надежды, разочарования, перспективы/ Д. С. Лысенко, А. В. Лысенко, В. Н. Федорец, А. В. Арутюнян // University Therapeutic Journal. – 2023. – Т. 5. № 2. – С. 57-67. DOI: 10.56871/UTJ.2023.74.66.005
6. **Лысенко, А. В.** Влияние занятий плаванием на функциональное состояние организма преподавателей вузов / А. В. Лысенко, Т. Г. Кириллова, Т. А. Степанова, Д. С. Лысенко, С. Я. Федорчук // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. – 2014. – № 3 (252). – С. 23-25. ISSN: 2219-5238

7. **Белавкина, М. В.** Психофизиологические основы планирования физических нагрузок женщин второго зрелого возраста / М. В. Белавкина, Т. К. Придворова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1. – С. 55 – 60. ISSN: 1818-5509

8. **Злобина, И. А.** Возрастные изменения опорно-двигательного аппарата: своевременное выявление, лечение и реабилитация / И. А. Злобина, А. Д. Кривцунов, К. С. Бочарова // Врач. – 2015. №6. – С. 23-26 ID: 23663476

9. **Соломченко, М. А.** Анализ физического состояния женщин среднего возраста с учетом возрастных изменений / М. А. Соломченко, И. А. Тронина // Наука-20. – 2021. – № 2 (47). – С. 203-207 ID: 44832097

10. **Лысенко, А. В.** Тревожные и депрессивные расстройства как результат гипокинезии и дезадаптации в информационном обществе / А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко, Ю. В. Лактионова // Актуальные вопросы спортивной психологии и педагогики. – 2024. – Т.4, №1. – С. 36 – 40. DOI: 10.15826/spp.2024.1.93

T. K Pridvorova, M. V. Belavkina,

SAFETY RULES WHEN CREATING WATER AEROBICS HEALTH COMPLEXES TO EXTEND PROFESSIONAL LONGEVITY OF WOMEN

Abstract. The article examines approaches to building water aerobics classes for women of the second adult age. The emphasis of the exercises is on stabilizing age-related changes and the pace of aging, improving physiological indicators and psycho-emotional state.

Key words: water aerobics, professional longevity, life safety, labor protection.

For citation: Pridvorova ,T. K. Safety rules when creating health-improving water aerobics complexes to extend the professional longevity of women / Т. К. Придворова, М. В. Белавкина // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – Р. 45– 49.

Сведения об авторах

Придворова Татьяна Константиновна
Южный федеральный университет (ЮФУ),
Академия физической культуры и спорта,
студент,
e-mail: tpridvorova@sfedu.ru

Белавкина Марина Валерьевна
Южный федеральный университет (ЮФУ),
Академия физической культуры и спорта,
кандидат педагогических наук, доцент,
e-mail: mvbelavkina@sfedu.ru

Information about the authors

Pridvorova Tatiana Konstantinovna
Southern Federal University (SFU),
Academy of Physical Culture and Sports,
Student,
e-mail: tpridvorova@sfedu.ru

Belavkina Marina Valeryevna
Southern Federal University (SFU),
Academy of Physical Culture and Sports,
Candidate of Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: mvbelavkina@sfedu.ru

УДК 502/504 : 626/627

*Д. А. Рудиков, Е. Е. Бочарникова, Д. В. Гурина, А. В. Жукова***АЛГОРИТМ ОБУЧЕНИЯ ОХРАНЕ ТРУДА С НУЛЯ¹**

Аннотация. В статье показан полный алгоритм действий по организации процесса обучения по охране труда собственными силами с нуля. Поэтапно показаны действия организации при осуществлении обучения охране труда работников без привлечения аккредитованных учебных центров. Рассмотрено планирование и ресурсное обеспечение процесса самостоятельного обучения работников охране труда на предприятии.

Ключевые слова: обучение охране труда, профессиональный риск, безопасность труда, охрана труда, условия труда, специальная оценка условий труда.

Для цитирования: Алгоритм обучения охране труда с нуля /

Д. А. Рудиков, Е. Е. Бочарникова, Д. В. Гурина, А. В. Жукова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 50 – 55.

В некоторых компаниях обучение сотрудников по охране труда реализуется исключительно через учебные заведения (центры), и многие такие работодатели стремятся сократить расходы, но не знают, с чего начать. Однако, если вы решили организовать обучение по охране труда и оказанию первой помощи внутри своей компании, это вполне возможно и допустимо.

Такие мероприятия направлены на предупреждение профессиональных травм и заболеваний, а также на снижение их последствий, представляя собой специализированный процесс получения необходимых знаний и навыков.

Согласно Постановлению № 2464 [1], обучение по охране труда может проводиться как в самой организации, так и у индивидуального предпринимателя, который предлагает такие услуги – учебный центр. Стандартно, к обучению в учебном центре обязательны руководители и специалисты, ответственные за охрану труда или проводящие обучение и инструктажи.

Другие сотрудники могут пройти обучение и проверку знаний с помощью собственного ресурса компании. Рисунок 1 помогает определить, каких работников необходимо направить в учебный центр, а кто может быть обучен на месте. Регламент рассматривает требования к организации обучения и проверке знаний работников с использованием ресурсов работодателя и представляет процесс в виде пошагового алгоритма [2–4].

Работодателю следует задокументировать решение о проведении обучения и аттестации работников без участия учебного центра. Этот документ должен быть подписан руководителем и включать запись о мнении профсоюза, если такой существует в организации. Форма документа не стандартизирована. Например, можно оформить локальный акт (приказ, решение), который будет отражать желание работодателя обучать персонал самостоятельно. Заверенная копия этого локального нормативного акта о проведении обучения по охране труда без привлечения аккредитованных организаций будет необходима для дальнейшего уведомления Министерства труда через личный кабинет.

	<i>Обучение в учебном центре</i>	<i>Обучение силами организации</i>	<i>Периодичность</i>
Обучение по использованию (применению) СИЗ	1. Весь состав комиссии о проверке знаний по использованию (применению) СИЗ . 2. Лица, проводящие обучение по использованию (применению) СИЗ. 3. Специалисты по ОТ (тестирование в ЕИСОТ). 4. Члены комитетов (комиссий) по ОТ, представители профсоюзов, уполномоченные по ОТ. 5. Лицо, назначенное на микропредприятии работодателем для проведения проверки знания требований охраны труда (п.38 и 40 Правил [1])	Работники, применяющие СИЗ, применение которых требует практических навыков	1 раз в 3 года
Обучение правилам оказания первой помощи (ППП)	1. Весь состав комиссии по ППП. 2. Специалист по ОТ (тестирование в ЕИСОТ). 3. Лица, проводящие обучение ППП. 4. Члены комитетов (комиссий) по ОТ, представители профсоюзов, уполномоченные по ОТ. 5. Лицо, назначенное на микропредприятии работодателем для проведения проверки знания требований охраны труда (п.33 и 34 Правил [1])	1. Работники рабочих профессий. 2. Лица, обязанные оказывать ППП в соответствии с требованиями НПА. 3. Работники автотранспортных средств. 4. Работники, которым НПА полагается уметь оказывать ППП. 5. Работники, проводящие инструктаж.	1 раз в 3 года
Обучение требованиям охраны труда. Обучение по общим вопросам и функционированию СУОТ (программа А)	1. Руководители и заместители, на которых возложены обязанности по ОТ. 2. Руководители структурных подразделений и их заместители, проводящие инструктажи по ОТ. 3. Специалисты по ОТ (тестирование в ЕИСОТ). 4. Члены комитетов (комиссий) по ОТ, представители профсоюзов, уполномоченные по ОТ. 5. Лицо, назначенное на микропредприятии работодателем для проведения проверки знания требований охраны труда (п. 44 и п. 53 Правил [1])	Руководители структурных подразделений организации и их заместители, руководители структурных подразделений филиала и их заместители, не проводящие инструктаж на рабочем месте, не проводящие обучение по охране труда, не являющиеся ответственными за охрану труда, не являющиеся членами комиссии по проверке знаний	1 раз в 3 года
Обучение требованиям охраны труда. Обучение безопасным методам и приемам выполнения работ при воздействии ВОПФ (программа Б)	1. Руководителей структурных подразделений и их заместителей, проводящие инструктажи по ОТ 2. Специалисты по ОТ (если офисники могут быть освобождены) (тестирование в ЕИСОТ) 3. Весь состав комиссии по проверке знаний 4. Лица, проводящие инструктажи и обучение по ОТ 5. Члены комитетов (комиссий) по охране труда, представители профсоюзов, уполномоченные по ОТ 6. Лицо, назначенное на микропредприятии работодателем для проведения проверки знания требований ОТ (п. 44, п. 53 и п. 54 Правил [1])	1. Руководителей структурных подразделений и их заместителей, не проводящие инструктажи по охране труда. 2. Работники категории специалисты (если могут быть освобождены). 3. Работники рабочих профессий	1 раз в 3 года
Обучение требованиям охраны труда. Обучение безопасным методам и приемам выполнения работ повышенной опасности (программа В)	1. Лица, ответственные за организацию, выполнение и контроль работ повышенной опасности. 2. Члены комиссий по проверке знания требований охраны труда. (Если СОТ член комиссии проходит обучение и тестирование в ЕИСОТ) (п. 44, п. 55, п. 75 Правил [1])	Работники, выполняющие работы повышенной опасности	ежегодно

Рис. 1. Порядок обучения требованиям охраны труда

На данном этапе присутствует несколько шагов, так как требуется выполнить требования нескольких пунктов правил, изложенных в Постановлении № 2464.

Шаг 1. Работодатель назначает ответственных за обучение и формирует комиссию для оценки знаний.

Обучение и проверка знаний являются взаимосвязанными процессами, поэтому эти назначения могут быть включены в один приказ. Согласно пункту 96 правил Постановления № 2464, организация должна иметь не менее двух специалистов для проведения обучения по

охране труда, либо привлекать внешних экспертов на основании договоров. Наличие двух специалистов подразумевает, что их может быть больше. Преподаватели должны пройти соответствующую подготовку в учебном центре по тем программам, которые будут использоваться при обучении сотрудников.

Эти лица могут вести занятия по охране труда по программам 46 а, б, в, первой помощи, а также по использованию средств индивидуальной защиты. Если есть необходимость в делении процесса обучения на разные программы, возможно, потребуется больше инструкторов. Например, одна группа специалистов может обучать работам повышенной опасности, а другая – по остальным темам. Важно учитывать, что для обучения по первой помощи, требования увеличены, и оно должно составлять не менее 8 часов.

Шаг 2. Комиссия для проверки знаний.

После завершения обучения важно провести проверку знаний, которая является обязательным этапом любого образовательного процесса. В соответствии с подпунктом "г" пункта 96 Постановления 2464, необходимо создать комиссию для оценки знаний в области охраны труда, которая должна состоять минимум из трех человек: председателя, заместителя председателя и членов комиссии. Количество членов должно быть нечетным, например, 5, 7 или 9, в зависимости от предпочтений.

Можно сформировать единую комиссию для оценки знаний по всем образовательным программам, таким как 46 б, 46 в, ОПП и СИЗ. Кроме того, лица, которые проводят обучение, должны также пройти соответствующее обучение в учебном центре по программам, в рамках которых будет проводиться проверка знаний. Однако не обязательно создавать единую комиссию, могут быть и отдельные комиссии для каждой программы.

Приказом назначаются ответственные лица за обучение и состав комиссии. Хотя обучение и проверка знаний – это различные процессы, их завершенность требует указания ответственных за обучение в приказе о создании комиссии. Ответственные за обучение могут быть одновременно членами комиссии для экономии бюджета работодателя, но их состав должен быть четко обозначен в приказе.

Шаг 3. Материально-техническая база.

В соответствии с требованиями подпункта а пункта 96 Правил Постановления № 2464 необходимо создать материально-техническую базу, включающую учебные помещения и соответствующее оборудование, предназначенные для обучения. Место, где проходит обучение, должно быть оборудовано для ознакомления с материалами и сдачи экзамена впоследствии.

Количество мест для обучения работников определяется в зависимости от численности сотрудников организации и составляет менее одного учебного места на каждые сто человек, нуждающихся в обучении по охране труда.

Объекты обучения должны быть оснащены:

- необходимым оборудованием;
- нормативными документами;
- учебно-методическими материалами;
- ресурсами для проверки знаний по охране труда;
- информационными системами для полноценного освоения программ.

Оптимальным вариантом является наличие отдельного учебного класса с компьютерами, демонстрационной техникой и дополнительными материалами, хотя в зависимости от бюджета можно использовать отдельные устройства, такие как проекторы и маркерные доски.

Для курса по первой помощи желательно приобрести манекены для отработки навыков реанимации, аптечки и другое оборудование. Конкретный состав материально-технической базы определяется по усмотрению организации, чтобы обеспечить максимально эффективное обучение.

Шаг 4. Учебно-методическая база в виде программ обучения.

Согласно требованиям подпункта б пункта 96 Правил Постановления № 2464, необходимо создать учебно-методическую основу в виде учебных программ и материалов по охране труда для каждой программы. Это значит, что, если ваша организация проводит обучение, следует разработать такие программы с учетом всех обучающих тем.

Программы должны отражать специфику деятельности организации и трудовые функции сотрудников, а также включать темы, соответствующие условиям труда. В их состав также входят сведения о практических занятиях, формах обучения и форматах проверки знаний по охране труда, а также количество часов, выделенных для изучения каждой темы.

Хотя в нормативно-правовых актах время для проверки знаний не указано [5-9], в пункте 45 Правил говорится о необходимости его учета; оптимальным вариантом может быть один час на экзамен. Продолжительность программ и учебных материалов следует определять согласно минимальным требованиям, установленным Правилами № 2464.

Программы должны быть утверждены работодателем с учетом мнения профсоюза или представительного органа работника, если таковой имеется. Этап планирования обучения включает составление локального акта для учета всех работников, которые подлежат обучению, а также тех, кто от него освобожден [12].

Библиографический список

1. Постановление Правительства РФ от 24.12.2021 № 2464 «О порядке обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда» (в ред. Постановлений Правительства РФ от 30.12.2022 № 2540, от 12.06.2024 № 792) – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405174/
2. Актуальные проблемы обеспечения охраны труда на производстве / М. Э. Цаболова, А. А. Тациян, Т. А. Финоченко, И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1(66). – С. 100-104. – EDN BSRDEM.
3. **Belavkina, M. V.** Impact of information on human health: Educational and professional aspects / M. V. Belavkina, D. S. Lysenko, T. A. Finochenko // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 113. – P. 06001. – DOI 10.1051/bioconf/202411306001. – EDN JVQNHI.
4. **Борисова, А. В.** Риск-ориентированный подход к обеспечению безопасности труда / А. В. Борисова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 1 (50). – С. 5-7.
5. **Borisova, A. V.** The use of the expert method in solving the issues of choosing the instrumentation of the procedure for controlling production factors / A. V. Borisova, T. A. Finochenko, V. A. Finochenko // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020 International Science and Technology Conference on Earth Science, ISTCEarthScience 2020. IOP Publishing Ltd, 2021. С. 022022.
6. **Финоченко, Т. А.** Специальная оценка условий труда как информационная база для внедрения риск-ориентированного подхода в сфере охраны труда / Т. А. Финоченко, В. А. Финоченко, Л. И. Воробинская // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 2 (51). – С. 107–110.
7. **Баланова М. В.** Оценка условий труда и производственный риск / М. В. Баланова, А. С. Козлюк, Д. В. Мотренко, Л. В. Положенцева, Т.А. Финоченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 4. – С. 9-13.
8. **Борисова, А. В.** Приборно-методическое обеспечение системы контроля и мониторинга вредных производственных факторов предприятий машиностроения. Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 2-2 (36). – С. 67.

9. Новиков, Н. Н. Несчастные случаи обусловленных человеческим фактором / Н. Н. Новиков, Т. А. Финоченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2(67). – С. 87-98. – EDN VRESFY.
10. Лыков, А. С. Основные источники шумового дискомфорта, возникающего при работе железнодорожного транспорта / А. С. Лыков, В. В. Гомелев, И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3(56). – С. 20-22. – EDN QDZSEL.
11. Актуальные проблемы обеспечения охраны труда на производстве / М. Э. Цаболова, А. А. Тациян, Т. А. Финоченко, И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1(66). – С. 100-104. – EDN BSRDEM.
12. Мотивация работников к соблюдению требований охраны труда / Т. А. Финоченко, Л. В. Положенцева, А. С. Козлюк [и др.] // Сборник научных трудов IV международной научно-практической конференции «Транспорт и логистика: пространственно-технологическая синергия развития», Ростов-на-Дону, 03–04 февраля 2020 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 313-315. – EDN ISQDHW.

D. A. Rudikov, E. E. Bocharnikova, D. V. Gurina, A. V. Zhukova

THE ALGORITHM OF OCCUPATIONAL SAFETY TRAINING FROM SCRATCH

Abstract. The article shows a complete algorithm of actions for organizing the labor protection training process on its own from scratch. The actions of the organization in the implementation of occupational safety training for employees without the involvement of accredited training centers are shown in stages. The planning and resource support of the process of self-training of employees in occupational safety at the enterprise is considered.

Keywords: occupational safety training, occupational risk, occupational safety, occupational safety, working conditions, special assessment of working conditions.

For citation: The Algorithm of Occupational Safety Training from Scratch / D. A. Rudikov, E. E. Bocharnikova, D. V. Gurina, A. V. Zhukova // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. – 2025. – № 1. – P. 50 – 55.

Сведения об авторах

Рудиков Дмитрий Алексеевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
кандидат технических наук, доцент
e-mail: d-studio@mail.ru

Бочарникова Екатерина Евгеньевна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
студент,

Information about the authors

Rudikov Dmitry Alekseevich

Rostov State Transport University
(RSTU),
Chair «Life Safety»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: d-studio@mail.ru

Bocharnikova Ekaterina Evgenievna

Rostov State Transport University
(RSTU),
Chair «Life Safety»,
Student,

e-mail: kat101203@gmail.com

Гурина Дарья Васильевна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
студент,
e-mail: rndsh3000@gmail.com

Жукова Анастасия Витальевна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
студент,
e-mail: llanastasiyall@yandex.ru

e-mail: kat101203@gmail.com

Gurina Darya Vasilyevna

Rostov State Transport University
(RSTU),
Chair «Life Safety»,
Student,
e-mail: rndsh3000@gmail.com

Zhukova Anastasia Vitalievna

Rostov State Transport University
(RSTU),
Chair «Life Safety»,
Student,
e-mail: llanastasiyall@yandex.ru

УДК 656.2 + 06

*С. Д. Солодовников, А. В. Борисова, В. В. Козлюк***РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА¹**

Аннотация. В работе представлены цели и задачи обеспечения транспортной безопасности на объектах транспорта. Рассмотрены подходы к оценке рисков совершения актов незаконного вмешательства и реализации угроз транспортной безопасности, в том числе подход оценки допустимого риска на основе определения уровней полноты (гарантированности) безопасности (Safety Integrity Levels – SILs), а также методология управления ресурсами, рисками на основе анализа надежности (УПРАН), в основе которой положен метод ALARP. На основе метода ЕТА (анализ дерева событий) представлен и проанализирован событийный сценарий реализации различных видов угроз для условного объекта транспортной инфраструктуры «железнодорожный вокзал». Дана количественная оценка рисков реализации угроз совершения актов незаконного вмешательства на условном объекте транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: транспортная безопасность, объект транспортной инфраструктуры, критический элемент, угроза, риск-ориентированный подход, потенциальный нарушитель.

Для цитирования: Солодовников, С. Д. Риск-ориентированный подход к обеспечению транспортной безопасности на объекте железнодорожного транспорта / С. Д. Солодовников, А. В. Борисова, В. В. Козлюк // Труды ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 56 – 63.

Введение

Понятие «безопасность» в современном мире включает минимизацию вероятности возникновения опасности различного происхождения в сферах жизнедеятельности человека. Для объектов железнодорожной инфраструктуры с целью обеспечения бесперебойной работы всех процессов рассматривается комплексная безопасность, где причины нарушений и происшествий относятся к технологическим, человеческим, организационным и природным [1]. Сохранение жизни и здоровья граждан является главной и первостепенной задачей национальной политики любого государства. Принимая во внимание, что причиной происшествий на железнодорожном транспорте, связанных с социальным, экономическим и экологическими ущербами, являются противоправные действия людей (терроризм), задачи транспортной безопасности (ТБ) имеют высший приоритет в осуществлении перевозок грузов и пассажиров. Обеспечение безопасности на транспорте сочетает в себе множество инструментов и методик, позволяющих контролировать вероятность возникновения угрозы. Одним из таких инструментов является риск-ориентированный подход, который помогает выявить наиболее рациональные и экономически обоснованные меры безопасности.

Основная часть

Безопасность на железнодорожном транспорте представляет собой состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства [1]. Для защиты граждан от противоправных действий

нарушителей, государством создана система правовых, экономических, организационных и иных мер в сфере транспортного комплекса, соответствующих угрозам совершения актов незаконного вмешательства, именуемая, как «обеспечение транспортной безопасности». Собственники объектов транспортной инфраструктуры или транспортных средств, то есть, субъекты транспортной инфраструктуры, обязаны соблюдать требования транспортной безопасности, установленных Правительством Российской Федерации [1,2].

Главными целями обеспечения транспортной безопасности являются устойчивое и безопасное функционирование транспортного комплекса, защита интересов личности, общества и государства в данной сфере от АНВ.

Одной из важнейших задач, среди перечисленных, считается выявление для конкретного объекта возможных угроз совершения актов незаконного вмешательства, к которым относят: угрозу захвата, угрозу взрыва, угрозу размещения или попытку размещения на объекте транспортной инфраструктуры и/или транспортных средствах взрывных устройств (взрывчатых веществ), угрозу поражения опасными веществами, угрозу захвата критического элемента объекта транспортной инфраструктуры и/или транспортных средств, угрозу взрыва критического элемента объекта транспортной инфраструктуры и/или транспортных средств, угрозу размещения или попытку размещения на критическом элементе объекта транспортной инфраструктуры и/или транспортных средств взрывных устройств (взрывчатых веществ), угрозу блокирования, угрозу хищения.

Как видно, перечень рассматриваемых угроз достаточно обширный и для разных категорий объектов железнодорожного транспорта может быть выстроен в порядке приоритетности по уровню риска их реализации. Для железнодорожной отрасли определены четыре категории объектов транспортной инфраструктуры, что предусматривает внедрение различных мер по обеспечению безопасности [2].

Принятие решений по предупреждению и локализации нештатных ситуаций, обеспечению безопасности в общем случае является сложной и многофакторной задачей. Это обусловлено, во-первых, высокой неопределенностью, обусловленной неполной априорной информацией об объекте принятия решения (ОПР) и протекающих в нем процессах, а, во-вторых, жесткими ресурсными ограничениями, обусловленными рисками того, что временных, человеческих, информационных или материальных ресурсов, необходимых для обеспечения ТБ, не хватит для выработки и реализации управляющих решений [3,4].

В данном случае рационально использовать риск-ориентированный подход, направленный на сопоставление наиболее вероятных угроз и масштабов последствий их реализации с наиболее подходящими мерами для обеспечения ТБ объекта [3]. Оценка вероятных рисков событий в сфере обеспечения безопасности на транспорте проводится различными методами [3-6].

Наибольший интерес в этом вопросе представляют работы [3,5]. В работе [3] риск-ориентированный подход основан на применении инструментария уровней полноты (гарантированности) безопасности (Safety Integrity Levels – SILs). Определяемые уровни полноты безопасности применяется для формирования состава мероприятий по ТБ. Данный подход основывается на способности выполнять функции безопасности при заданных условиях в течение определенного времени.

В работе [6] приведена методология управления ресурсами, рисками на основе анализа надежности (УРРАН), в основе которой положен метод ALARP — «As low as reasonably practicable», что в переводе «низко, насколько целесообразно». Данная методология предназначена для определения неприемлемого, допустимого и приемлемого риска, связанного с финансовыми затратами на поддержание необходимого уровня безопасности. Методология УРРАН охватывает как объекты инфраструктуры, так и подвижной состав. Однако в работе [6] отсутствует представление подробной структуры и механизмов получения показателей риска.

Следует отметить, что в работах [3,6] приводятся модели оценки рисков на основе качественных методов. Для обеспечения полноты мер безопасности на транспортном объекте необходимо разработать механизм получения количественных показателей уровней рисков.

Решение поставленной задачи рассмотрим на примере с использованием условной схемы здания железнодорожного вокзала, представленной на рисунке 1.



Рис. 1. Условная схема здания железнодорожного вокзала

Предлагаемая методология включает оценку рисков совершения АНВ на объекте транспортной инфраструктуры с использованием методов качественной и количественной оценки. Для проведения качественной оценки рисков в данном случае наиболее применим метод логического построения и анализа дерева событий [8].

Данный метод, является модификацией классического метода ЕТА (Event Tree Analysis), позволяет графически представить общий характер развития возможных негативных ситуаций и происшествий с отражением причинно-следственной взаимосвязи событий в зависимости от специфики и уязвимости объекта оценки риска с учётом влияния имеющихся защитных мер. Классический метод ЕТА и его модификации целесообразно использовать для дальнейшего количественного анализа риска [8].

Применительно к оценке риска совершения противоправного действия в отношении объекта транспортной инфраструктуры - железнодорожному вокзалу, использование данного метода заключается в моделировании ситуаций, связанных с реализацией наиболее вероятных угроз.

Перечень угроз, рассматриваемых в качестве опасных событий и имеющих возможность быть реализованными на объекте определяется экспертным путем, принимая во внимание территориальное расположение объекта оценки, конфигурацию, режимы работы, внешнюю и внутреннюю инфраструктуру.

Для условной схемы здания железнодорожного вокзала, было выявлено 7 наиболее вероятных угроз совершения актов незаконного вмешательства, а именно:

- угроза захвата, включающая возможность захвата объекта транспортной инфраструктуры, установления над ним контроля силой или угрозой применения силы, или путем любой другой формы запугивания;

- угроза взрыва, характеризуемая как вероятность разрушения объекта транспортной инфраструктуры не исключая повреждение здоровья/или гибель персонала, пассажиров и других лиц повреждений путем взрыва (обстрела);

- угроза размещения или попытки размещения взрывного устройства, которое может разрушить транспортный объект или нанести серьезные повреждения;

- угроза поражения опасными веществами подразумевает возможность загрязнения объекта транспортной инфраструктуры опасными химическими, радиоактивными или биологическими веществами, угрожающими жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;

- угроза захвата критического элемента обусловлена установлением над ним контроля силой или угрозой применения силы, или путем любой другой формы запугивания. Критическим элементом на представленной на рисунке 1 условной схеме железнодорожного вокзала является электроцитовая;

- угроза взрыва критического элемента обусловлена возможностью разрушения критического элемента объекта транспортной инфраструктуры или нанесения ему повреждения путем взрыва (обстрела), создающего угрозу функционированию объекта транспортной инфраструктуры, жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;

- угроза размещения или попытки размещения взрывного устройства на критическом элементе определяет возможность размещения или совершения действий в целях размещения на критическом элементе объекта транспортной инфраструктуры и/или транспортных средств взрывных устройств (взрывчатых веществ), которые могут разрушить критический элемент объекта транспортной инфраструктуры или нанести ему повреждения, угрожающие безопасному функционированию объекта транспортной инфраструктуры, жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц.

Далее, на следующем этапе осуществляется обозначение входных данных моделирование вероятных опасных событий, последовательно приводящих к реализации какой-либо из обозначенных угроз.

Графическое представление реализации метода логического построения и анализа дерева событий, связанных с вероятностью совершения АНВ, представлена на рисунке 2.

Для реализации каждой угрозы совершения АНВ из представленных на рисунке 2, потенциальному нарушителю необходимо выполнить ряд действий, обозначенных на схеме опасными событиями C_i . Проникновение в здание вокзала может быть реализовано двумя путями: обманными действиями со стороны нарушителей, либо вооруженным нападением на группы ЛОП и ЧОП (М5). В целях конспирации нарушители могут представиться сотрудниками службы вывоза мусора, что даст возможность проникнуть в помещение для складирования мусора (М39) и оставить взрывное устройство либо в том же помещении, либо в ближайшем помещении под аренду (М36). Вооруженное нападение имеет смысл только при условии штурма группой нарушителей, так как, за пределами вокзала, в операционном зале (М1) и в зале ожидания (М2) находятся группы сотрудников линейных отрядов полиции (ЛОП) и частных охранных предприятий (ЧОП), которые могут пресечь действия нарушителя, если он будет действовать в одиночку. Прорвавшись в здание и преодолев контрольно-пропускной пункт, нарушители штурмом групп линейного отдела полиции (ЛОП) и частного охранного предприятия (ЧОП) могут взять под контроль операционный зал, а затем и зал ожидания. При развитии таких событий, нарушители, в зависимости от цели вторжения, могут взять в заложники пассажиров, использовать взрывное устройство или устройство с опасными

веществами, захватить критический элемент в виде электроштитовой (М22), либо установить взрывное устройство в данном помещении и совершить подрыв электроштитовой.

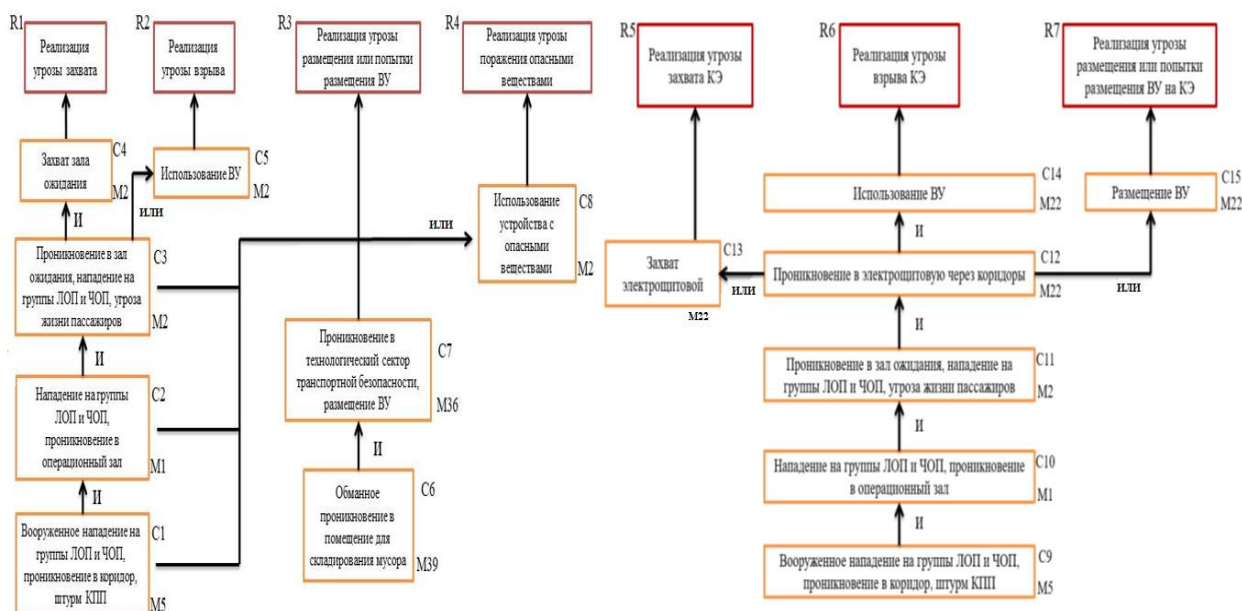


Рис. 2. Схема сценариев реализации различных видов угроз:

R_i – конечное событие (реализация угрозы); C_i – номер события, приводящего к реализации угрозы; M_i – место проведения события, приводящего к реализации угрозы; И – логический элемент, расположенный между событиями, означающий, что угроза будет реализована в том случае, если произойдут все предшествующие ей события; ИЛИ – логический элемент, расположенный между событиями, означающий, что событие на его выходе произойдет в том случае, если произойдет хотя бы одно событие на его входе

Таким образом, детально проработав и проанализировав представленный событийный сценарий, на следующем этапе необходимо получить количественные показатели риска реализации угроз. Рискосое событие R как математический показатель представляет собой дискретное событие, обладающее двойственными свойствами, такими как случайность и ущерб. Определение значимости каждого опасного события C_i с точки зрения вероятности возникновения P_i и тяжести последствий H_i , осуществляется с использованием экспертной методологии. Благодаря методу ранговой корреляции устанавливается весомость каждого события всех ветвей событийного сценария, приводящих к реализации угроз АНВ [9-16].

Определение риска R_i совершения АНВ в случае реализации каждой из угроз, обозначенных, на рисунке 2, осуществляется по формуле (1):

$$R_i = \sum_{i=7}^n (P_i H_i), \quad (1)$$

где R_i – величина риска совершения АНВ в случае реализации i -ой угрозы;

P_i – вероятность возникновения опасного события C_i ; имеет значения 1 – практически нереализуемое; 2 – маловероятное; 3 – возможно произойдет; 4 – вероятно произойдет; 5 – неизбежное.

H_i – тяжесть последствий при возникновении события C_i , имеет значения 1 – незначительная, 2 – невысокая; 3 – умеренная; 4 – значительная; 5 – катастрофическая.

Полученная величина R_i по каждой ветви событийного сценария может изменяться в диапазоне от 7 до 175, относиться к следующим уровням опасности:

1 уровень – при значениях $7 < R_i < 14$ – очень низкий риск (практически отсутствует);

- 2 уровень – при значениях $15 < R_i < 28$ – низкий риск;
- 3 уровень – при значениях $29 < R_i < 63$ – средний риск;
- 4 уровень – при значениях $64 < R_i < 105$ – высокий риск;
- 5 уровень – при значениях $106 < R_i < 105$ – очень высокий (недопустимый) риск.

Числовой показатель риска в дальнейшем используется для определения необходимого комплекса дополнительных технических и организационных мер безопасности, а также необходимый для их внедрения временной интервал.

Заключение

Дополнительный комплекс мер по обеспечению ТБи экономическая целесообразность их внедрения определяются соответствующим уровнем полноты транспортной безопасности, который, зависит от уровня риска, связанного с угрозами возникновения актов незаконного вмешательства [1]. Предлагаемый подход к оценке рисков реализации угроз АНВ, включающий анализ смоделированного событийного сценария возникновения и развития негативных ситуаций с количественным определением уровня риска по каждой ветви событий, приводящей к реализации угрозы АНВ, позволяет определить наиболее уязвимые места на рассматриваемом условном объекте.

Моделирование процессов, связанных с вероятностью реализации угроз АНВ, помогает определить наиболее уязвимые места в действующей системе мер по обеспечению транспортной безопасности.

Библиографический список

1. Российская Федерация. Законы. О транспортной безопасности: Федер. Закон N 16-ФЗ: принят Государственной Думой 19 января 2007 г.: одобрен Советом Федерации 02 февраля 2007 г. : послед. ред. // Консультант плюс : сайт. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66069 (дата обращения 31.01.2025)
2. **Зайкова, С. Н.** Об актуальных проблемах обеспечения транспортной безопасности (на примере категорирования объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта) / С. Н. Зайкова // Публично-правовые проблемы транспортного права: Материалы Пятого международного транспортно-правового форума, Москва, 15–16 февраля 2023 года. – Москва: Российский университет транспорта, 2023. – С. 82-86. – EDN BDPFMK.
3. **Плеханов, П. А.** Риск-ориентированный подход к обеспечению транспортной безопасности как части комплексной безопасности железнодорожного транспорта // Известия Петербургского университета путей сообщения. - СПб.: РГУПС, 2019. – Т. 16, вып. 4. – С. 539-551. DOI: 10.20295/1815-588X-2019-4-539-551.
4. **Скороходов, Д. А.** Применение инструментов анализов рисков при создании решающих правил систем поддержки принятия решения / Д. А. Скороходов, И. В. Степанов, С. Н. Турусов, Н. В. Никитин / Морские интеллектуальные технологии. – 2019. – № 3-3(45). – С. 114-120. – EDN USODYP.
5. **Латынцева, С. В.** Применение методов анализа рисков для создания систем поддержки принятия решений по обеспечению безопасности / С. В. Латынцева, И. В. Степанов, С. Н. Турусов // Актуальные проблемы защиты и безопасности : Труды XXII Всероссийской научно-практической конференции РАРАН, Санкт-Петербург, 01–04 апреля 2019 года. Том 2. – Санкт-Петербург: Российская академия ракетных и артиллерийских наук, 2019. – С. 399-408. – EDN XBZUHF.
6. **Охотников, И. В.** Риск-ориентированный подход к оценке и обеспечению надежности и безопасности функционирования объектов транспортной инфраструктуры / И. В. Охотников, И. В. Сибирко, О. А. Малахов // Технические науки: теория и практика: Материалы IV Международной научной конференции, Казань, 20–23 ноября 2018 года. –

Казань: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство Молодой ученый", 2018. – С. 49-52. – EDN YNCLAL.

7. **Плеханов, П. А.** Обеспечение транспортной безопасности в составе комплексной безопасности железнодорожного транспорта на основе риск-ориентированного подхода / П. А. Плеханов // II Международная конференция "Наука 1520 ВНИИЖТ": Загляни за горизонт": Сборник материалов конференции, Москва, 24–25 августа 2023 года. – Москва: АО "Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта", 2023. – С. 223-228. – EDN HUWRXC

8. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска: нац. стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 01 декабря 2011 г. N 680-ст: введен впервые: дата введения 2011-12-01 // Кодекс: электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200090083> (дата обращения: 31.01.2025).

9. **Коробова, Н. А.** Экспертный метод оценки рисков / Н. А. Коробова, М. Ю. Полянчикова // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2023. – № 1(272). – С. 20-21. – DOI 10.35211/1990-5297-2023-1-272-20-21. – EDN KFWVXC. ISSN: 1990-5297.

10. **Храмова, Е. В.** Применение экспертного метода для оценки риска аварий на энергогенерирующих объектах / Е. В. Храмова, А. В. Демин // Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы: Материалы III Международной научно-практической конференции, Новокузнецк, 05–06 декабря 2019 года / Ответственный редактор Э. И. Забнева. – Новокузнецк: ИП Кеньшенская Виктория Валерьевна (издательство "Зебра"), 2019. – С. 68-70. – EDN YWGDWL.

11. **Веревкина, О. И.** Развитие научных основ управления рисками для обеспечения надежности в производственно-технологических процессах на инфраструктурных объектах / О. И. Веревкина, И. А. Яицков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 5. – С. 500-505. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-5-500-501. – EDN JTYVIL.

12. **Веревкина, О. И.** Теоретические основы организационно-технологической надежности и управление техническими рисками на инфраструктурных объектах / О. И. Веревкина, И. А. Яицков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 5. – С. 494-499. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-5-494-495. – EDN VWJBUT.

13. **Васин, С. А.** Совершенствование методики оценки РИСКОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И надежности для управления качеством на ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТАХ / С. А. Васин, О. И. Веревкина, И. А. Яицков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2023. – Т. 21, № 3. – С. 144-154. – DOI 10.18503/1995-2732-2023-21-3-144-154. – EDN TFUSHV.

14. **Веревкина, О. И.** Влияние человеческого фактора на проблемы повышения безопасности движения / О. И. Веревкина, И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 4. – С. 16-21. – EDN YMAPKP.

15. **Яицков, И. А.** Обеспечения безопасности движения поездов и надёжности перевозочного процесса в вагонном хозяйстве / И. А. Яицков, Е. Н. Шведова // Транспорт: наука, образование, производство: труды международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 12–15 апреля 2016 года / Ростовский государственный университет путей сообщения; Председатель организационного комитета конференции А.Н. Гуда. Том 2. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2016. – С. 221-228. – EDN YKHTQN.

16. Анализ повышения транспортной безопасности и влияния на окружающую среду при реконструкции Байкало-Амурской железнодорожной магистрали / Д. С. Алтынов,

Л. В. Дергачева, Т. А. Финоченко, И. А. Яицков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2023. – № 4. – С. 198-216. – EDN NQHVMV.

S. D. Solodovnikov, A. V. Borisova, V. V. Kozlyuk

A RISK-BASED APPROACH TO ENSURING TRANSPORT SAFETY AT A RAILWAY FACILITY

Abstract. The paper presents the goals and objectives of ensuring transport safety at transport facilities. Approaches to assessing the risks of committing acts of illegal interference and the implementation of threats to transport security are considered, including the approach of assessing acceptable risk based on determining the levels of completeness (guarantee) of safety (SILs), as well as the methodology of resource management, risks based on reliability analysis (URAN), based on the ALARP method.. Based on the ETA method (event tree analysis), an event scenario for the implementation of various types of threats for a conditional railway station transport infrastructure facility is presented and analyzed. A quantitative assessment of the risks of the implementation of threats to commit acts of unlawful interference at a conditional transport infrastructure facility is given.

Keywords: transport security, transport infrastructure facility, critical element, threat, risk-based approach, potential violator.

For citation: Solodovnikov, S. D. Approach to Ensuring Transport Safety at a Railway Facility / S. D. Solodovnikov, A. V. Borisova, V. V. Kozlyuk // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 56 – 63.

Сведения об авторах

Солодовников Степан Дмитриевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
студент,
e-mail: stpnsolodovnikov@gmail.com

Борисова Анастасия Викторовна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
доцент,
e-mail: nastja004@bk.ru

Козлюк Виталий Викторович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
доцент,
e-mail: kvv_555@mail.ru

Information about the authors

Solodovnikov Stepan Dmitrievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Student,
e-mail: stpnsolodovnikov@gmail.com

Borisova Anastasia Viktorovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Associate Professor,
e-mail: nastja004@bk.ru

Kozlyuk Vitaly Viktorovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Associate Professor,
e-mail: kvv_555@mail.ru

УДК 504 + 06

А. Г. Хвостиков, Д. Д. Карнач, Д. В. Пузина

РЕШЕНИЕ НОВЫХ ЗАДАЧ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ¹

Аннотация. Рассмотрены задачи для решения которых подразделения транспортной безопасности используют служебных собак. Дается классификация конструкций беспилотных средств и способов управления ими. Рассматриваются средства борьбы с дронами, которые могут использоваться подразделениями транспортной безопасности.

Ключевые слова: транспортная безопасность, служебные собаки, коптер, БПЛА, радиоэлектронная борьба, оружие, хищные птицы.

Для цитирования: Хвостиков, А. Г. Решение новых задач защиты объектов транспортной инфраструктуры / А. Г. Хвостиков, Д. Д. Карнач, Д. В. Пузина // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 64 – 69.

Надежная работа любого вида транспорта жизненно необходима для экономики государства. Особенно для такой страны как Россия, которая имеет протяженность с Запада на Восток более 9000 км, ведет активную торговлю со всеми странами-соседями. Трубопроводы, доставляющие нефть, также являются транспортными артериями.

Внутри России основной объем грузов перевозится автомобильным транспортом – в 2023 году на его долю пришлось 71,6 %, на железнодорожный транспорт 15,1 %, на трубопроводы – 11,7 % грузоперевозок.

О важности устойчивого функционирования предприятий различных видов транспорта говорит принятие в 2007 году закона «О транспортной безопасности». На законодательном уровне предусмотрена защита от постороннего вмешательства не только всех видов транспорта, но и зданий и сооружений, обеспечивающих доставку грузов по всей стране и за ее пределы.

Работа транспортного предприятия может быть нарушена: путем его захвата; физического уничтожения или частичного разрушения отдельных критических элементов с использованием взрывчатых веществ, в результате воздействия на его работников различных опасных веществ, к которым относятся яды, радиоактивные или биологические факторы, представляющие угрозу жизни человека.

Для обеспечения транспортной безопасности предусматривается реализация различных организационных мероприятий и применение разнообразных технических средств, позволяющих повысить эффективность работы сил обеспечения транспортной безопасности.

Сотрудники подразделений, обеспечивающих транспортную безопасность, снабжаются специальными средствами, а для защиты объектов транспортной инфраструктуры, относящихся к первой категории объектов транспортной инфраструктуры (например, автовокзал «Главный» г. Ростов-на-Дону, железнодорожный вокзал Ростов-Главный г. Ростов-на-Дону) и второй категории (например, аэропорт Грозный (Северный) Чеченская Республика, г. Грозный) от актов незаконного вмешательства могут применять приобретенное для этих целей служебное огнестрельное оружие [1, 2].

Широкое применение различных технических устройств при обеспечении транспортной безопасности обусловлено тем, что их рабочие характеристики во много раз превосходят характеристики человеческих органов чувств. Иногда у человека отсутствуют соответствующие анализаторы, например, радиолокация или дозиметрия. Кроме технических средств, человек использует животных, у которых определенные органы чувств развиты лучше, чем у человека. Например, собак, у которых основная нагрузка по взаимодействию с окружающей средой ложится на обоняние, в отличие от человека, у которого за это отвечает зрение. Эволюционное развитие обоняния собаки привело к тому, что у нее количество рецепторов, отвечающих за обоняние, примерно в сорок раз больше, чем у человека. Дрессировка и содержание животных обходится дешевле, чем создание и эксплуатация машин.

Подразделения, обеспечивающие защиту предприятий транспорта от перечисленных ранее угроз, используют специальных собак для обнаружения оружия, взрывчатых веществ или других устройств, предметов и веществ, которые запрещены к проносу в зону транспортной безопасности.

Ищейки (рис. 1) применяются для задержания, охраны нарушителей, обыска местности и помещений для обнаружения человека и его предметов, а также для опознания искомого человека по его запаху. В частности, такие собаки способны отыскать человека по его запаховому следу давностью от минуты до нескольких часов на протяжении десятков километров в любых климатических и географических условиях.



Рис. 1. Ротвейлер – непревзойдённая порода собак для розыскной службы

Для охраны объектов используют караульных собак. У таких животных при их подготовке к защите объекта человек вырабатывает навыки охраны сотрудников, территории, а также поиска, задержания и конвоирования нарушителя.

Хорошо подготовленная караульная собака способна самостоятельно принимать решение в критической ситуации, оценивать степень опасности постороннего человека для проводника. Великолепное обоняние обеспечивает эффективное применение таких собак в ночное время суток и при плохой погоде, когда резко снижается видимость. Караульные собаки осуществляют поиск нарушителя в темноте, могут контролировать предприятия большой площадью, находить нарушителя по запаховому следу.

Для караульной службы отбирают крупных, физически сильных и выносливых, недоверчивых к посторонним, злобных, с хорошим зрением и обонянием собак. Больше других для этой работы годятся овчарки, чёрные терьеры, ротвейлеры, московские сторожевые.

Необходимость использования большого разнообразия сил и средств для обеспечения транспортной безопасности объясняется тем, что для реализации угроз, приводящих к нарушению функционирования предприятий, обеспечивающих перемещение грузов,

злоумышленники каждый раз прибегают к использованию новых способов.

Использование беспилотных аппаратов (БА) в последние годы стало новым способом нарушения устойчивой работы транспортного предприятия или искусственных сооружений, необходимых для осуществления обработки и перевозки грузов.

В настоящее время существуют следующие виды беспилотных аппаратов: наиболее развитый и широко используемый – беспилотные летательные аппараты (БПЛА); морские надводные и подводные аппараты; беспилотный автотранспорт.

Свою высокую эффективность беспилотники показали в ходе вооруженных конфликтов. Наибольшую угрозу для объектов транспортной инфраструктуры (ОТИ) и транспорта представляют БПЛА, потому что по воздуху могут добраться до любого места и имеют большую дальность (до 1000 км).

По конструктивным особенностям БПЛА можно разделить на несколько групп:

- мультикоптерные дроны (рис. 2);
- беспилотный самолет (рис 3);
- беспилотный вертолет (рис. 4);
- гибридные дроны (рис. 5).



Рис. 2. Квадрокоптер DJI «Mavic Pro Platinum»



Рис. 3. БПЛА MQ-9 Reaper («Жнец»)



Рис. 4. Беспилотный вертолет компании Airbus VSR700



Рис. 5. Квадрокоптер «Vtol»

Чтобы беспилотник добрался до своей цели, им необходимо управлять. По способу управления беспилотные аппараты можно классифицировать:

- с аналоговым управлением, для них перед стартом с помощью приборов или устройств задаются основные параметры полета (курс, максимальная высота и дальность);
- радиоуправляемые, у которых необходимая информация для того, чтобы БПЛА выполнил свою задачу, передается и получается с помощью радиоволн;
- полетный контроллер, управление полетом осуществляется с помощью специального электронного устройства (маршрут движения и другие параметры программируются заранее на земле);
- FPV, вид от первого лица – управление осуществляется не только по радиоканалу, но и по дополнительному каналу принимается на экран видео в реальном времени);

– управление искусственным интеллектом.

Защита ОТИ от угрозы воздействия на них беспилотных аппаратов может быть реализована несколькими способами:

- путем прерывания или преобразования сигналов дистанционного управления;
- воздействием на пульта управления беспилотников,

– приведение беспилотных аппаратов в состояние, не позволяющее достигнуть объекта защиты [2].

Для реализации этих способов в настоящее время применяются средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и разнообразные устройства, с помощью которых можно физически уничтожить или захватить беспилотник [3-6].

Радиоэлектронная борьба заключается в нарушении управления беспилотным аппаратом или изменении координат маршрута, по которым происходит движение БПЛА. К средствам РЭБ относятся устройства, которые нарушают линии управления между оператором и БА, изменяют навигационные сигналы GPS и ГЛОНАСС.

В ходе специальной военной операции (СВО) на Украине появились специальные дроны-перехватчики, которые используют специальные устройства для захвата БПЛА в воздухе, например, набрасывают сетки на пропеллеры БПЛА.

Для уничтожения самолетов и БПЛА существует особый род войск – войска противовоздушной обороны, которые используют ракетное и зенитное вооружение.

Также для борьбы с БПЛА в ходе СВО стали использоваться охотничьи гладкоствольные ружья, наилучшим вариантом является 12-й калибр. Патроны данного калибра снаряжаются большим количеством дроби, чем все остальные калибры, или специализированными зарядами для уничтожения дронов (рис. 6).



Рис. 6. Патрон «Перехват» и его компоненты

По примеру использования служебных собак для защиты ОТИ, можно предложить варианты использования хищных птиц для обнаружения и перехвата БПЛА. Для этих целей могут быть использованы более десятка видов хищных птиц, в том числе соколы (кречет, балобан, сапсан), ястребы (тетеревятник, перепелятник) и беркуты.

В настоящее время пернатые хищники используются в аэропортах для предотвращения столкновения птиц с самолетами. На примере орнитологических служб аэропортов возможно создание подразделений для борьбы с БПЛА на ОТИ.

Библиографический список

1. **Хвостиков, А. Г.** Физиологические особенности труда сотрудников сил обеспечения транспортной безопасности / А. Г. Хвостиков, Х. Н. Бгуашев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2024. - № 2. - С. 118-122.

2. Российская Федерация. Законы. О транспортной безопасности : Федер. закон № 16-ФЗ : принят Государственной Думой 19 января 2007 г. : одобрен Советом Федерации 2 февраля 2007 г. : послед. ред. // Консультант плюс : сайт. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66069/ (дата обращения: 25.01.2025). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3. Радиоэлектронная борьба // Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. Последнее обновление 24 июля 2023 г. в 17:34 (GMT+3). URL: <https://bigenc.ru/c/radioelektronnaia-bor-ba-e233> (дата обращения: 28.01.2025).

4. **Веревкина, О. И.** Развитие научных основ управления рисками для обеспечения надежности в производственно-технологических процессах на инфраструктурных объектах / О. И. Веревкина, И. А. Яицков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 5. – С. 500-505. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-5-500-501. – EDN JTYVIL.

5. **Веревкина, О. И.** Теоретические основы организационно-технологической надежности и управление техническими рисками на инфраструктурных объектах / О. И. Веревкина, И. А. Яицков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 5. – С. 494-499. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-5-494-495. – EDN VWJBTU.

6. **Васин, С. А.** Совершенствование методики оценки РИСКОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И надежности для управления качеством на ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТАХ / С. А. Васин, О. И. Веревкина, И. А. Яицков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2023. – Т. 21, № 3. – С. 144-154. – DOI 10.18503/1995-2732-2023-21-3-144-154. – EDN TFUSHV.

A. G. Khvostikov, D. D. Karnach, D. V. Puzina

SOLVING NEW PROBLEMS OF PROTECTION OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE FACILITIES

Abstract. The problems for solving which transport security units use service dogs are considered. A classification of designs of unmanned vehicles and methods of controlling them is given. Anti-drone means that can be used by transport security units are considered.

Keywords: transport security, service dogs, copter, UAV, electronic warfare, weapons, birds of prey.

For citation: Khvostikov, A. G. Solving New Problems of Protection of Transport Infrastructure Facilities / A. G. Khvostikov, D. D. Karnach, D. V. Puzina // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 64 – 69.

Сведения об авторах

Хвостиков Андрей Георгиевич
Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
кандидат технических наук, доцент
e-mail: xvost72@mail.ru
Карнач Даниэль Денисович

Information about the authors

Khvostikov Andrey Georgievich
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: xvost72@mail.ru
Carnach Daniel Denisovich

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
студент,
e-mail: daniel_karnach@vk.com

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Student,
e-mail: daniel_karnach@vk.com

Пузина Дарья Вадимовна
Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
студент,
e-mail: puzinadasa51@gmail.com

Puzina Darya Vadimovna
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Student,
e-mail: puzinadasa51@gmail.com

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ, ТЯГА ПОЕЗДОВ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ

УДК 691.175.5/.8 + 06

А. И. Азоян, П. Г. Иваночкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА ПОСЛЕ ЕГО МОДИФИКАЦИИ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА¹

Аннотация. Изучено влияние наполнителей на физико-механические и трибологические свойства полимерного материала. Экспериментальные данные были получены методами инструментального индентирования и трибологического анализа. Показано, что введение наполнителей в полимерную матрицу позволяет существенно повысить прочностные характеристики и, как следствие, – износостойкость. Совершенствование технологии создания композиционных материалов открывает новые горизонты для их применения в тяговом подвижном составе железнодорожного транспортного комплекса.

Ключевые слова: модификация, восстановление поверхностей узлов трения, композит, твердость, индентирование, планирование эксперимента.

Для цитирования: Азоян, А. И. Исследование эксплуатационных свойств полимерного материала после его модификации в узлах трения подвижного состава / А. И. Азоян, П. Г. Иваночкин // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 70 – 77.

Введение

В последние годы стоимость ремонта и технического обслуживания тягового подвижного состава может составлять до 25 % от его стоимости. Причиной значительного снижения ресурса эксплуатации техники является интенсивный износ деталей машин, который может достигать до 85 %. Умение применять знания физико-механических и трибологических свойств различных материалов позволяет сократить расходы на ремонт и реставрацию поверхностей трения.

Все шире в ремонтном производстве применяются технологии восстановления поверхностей узлов трения подвижного состава при использовании полимерных композиционных материалов, благодаря их способности работать в широком диапазоне механических и тепловых воздействий.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований определили наиболее перспективным направлением в области формирования композита принцип модифицирования полимеров [1-2]. Полученные материалы позволяют решить ряд проблем, связанных с физико-химическими и механическими свойствами, которые не могут быть решены при использовании моноармированных композитов:

- повышение чувствительности материала к концентраторам напряжений;
- снижение ударной вязкости с увеличением модуля упругости;
- высокая поверхностная активность;
- возможность варьирования количественного содержания наполнителей в полимерной основе.

Примером композита, способного восстанавливать направляющие металлорежущего станка, является полимерный материал Moglice немецкой компании Diamant [3]. Данный материал прошел трибологические испытания в условиях сухого трения при возвратно-поступательном движении и показал положительные результаты.

Однако в настоящее время в условиях необходимости импортозамещения появилась потребность в исследовании нового композиционного материала, предназначенного для ремонтного производства.

Материалы и методы исследования

В ходе выполнения исследований [4-6] было определено, что в качестве полимерной матрицы следует использовать эпоксидно-диановую смолу марки ЭД-20, а в качестве отверждающего компонента – технический полиэтиленполиамин (ПЭПА). Для улучшения характеристик использовались армирующие (мелкодисперсной шпинели металлов $(\text{Mn/Mg})\text{Fe}_2\text{O}_4$) и антифрикционные (порошок политетрафторэтилена марки Ф4МБ) наполнители.

Для формирования композитов наполнители подвергались диспергированию с последующей седиментацией для определения размеров измельченных частиц. Для равномерного распределения добавок в полимерной матрице и процесса полимеризации композита использовалось специальное лабораторное оборудование: планетарная мономельница PULVERISETTE 6, дисковая центрифуга CPS Model DC24000, лабораторная магнитная мешалка с подогревом ES-6120 и ультразвуковая ванна ПБС-5735-05. Для проведения процессов вакуумирования и отверждения после добавления отвердителя и последующего перемешивания, полученный композиционный материал помещали в пресс-форму. Данный процесс проводился в суховоздушном шкафу в течение 12 часов при автоматической циркуляции горячего воздуха ($\sim 95^\circ\text{C}$).

Для оценки физико-механических свойств было осуществлено исследование твердости и модуля Юнга с использованием метода инструментального индентирования. Для этого проводились испытания на твердомере TBP-D Восток-7 с применением индентора типа D (ГОСТ 24621-91) [7].

Для сравнительных трибологических испытаний на трибометре TRB (Anton Paar) с применением методики DIN 50324 по схеме «шар – диск» использовались образцы в форме дисков диаметром 40 мм и высотой 5-7 мм. Вдавливание стального шара диаметром 6 мм (ШХ15) сопровождалось с усилием на штифте 0,5 и 1 Н по нормали к поверхности диска при вращении с линейной скоростью 0,1 м/с. Выбранные режимы испытаний соответствуют следующим значениям удельных нагрузок: 0,5 Н – 58,8 ... 70,5 МПа, 1 Н – 74,1 ... 88,8 МПа. Продолжительность испытания составляла 250 м, по окончании которого фиксировалось достижение пройденного пути или предельного коэффициента трения.

Определение концентрации армирующих компонентов

Для определения концентрации армирующих наполнителей, были проведены трибологические и физико-механические исследования. Процентное соотношение массы мелкодисперсной шпинели металлов к полимерной основе варьировалось в пределах: 0, 3, 6, 9, 12 и 15 %. Основные данные физико-механических характеристик композита при разной концентрации приведены в таблице 1.

Из анализа полученных результатов установлено, что при концентрации наполнителя свыше 6 % среднее значение твердости снижается, а среднее квадратическое отклонение и дисперсия повышаются при увеличении массовой доли шпинели металлов, что говорит о неоднородности структуры полученного композиционного материала.

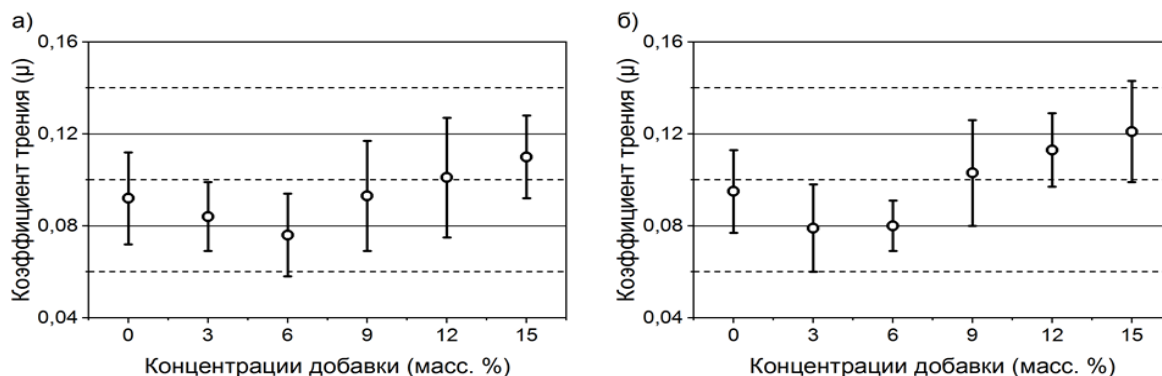
Трибологические испытания показали, что при добавлении наполнителя свыше 6 % наблюдалось повышение коэффициента трения. Было установлено, что при нагрузке 5 Н введение мелкодисперсной шпинели металлов в полимерную основу в концентрации 3 % и

6 %, коэффициент трения снижается до значений 0,076 и 0,084 соответственно. При увеличении нагрузки наименьшее значение коэффициента трения и среднеквадратического отклонения имеет композит с массовой долей наполнителя в 6 % (рисунок 1).

Таблица 1

**Обобщенные данные физико-механических характеристик
образцов композиционного материала**

Образец	Концентрация, %	Среднее значение твердости, HSD	Дисперсия	Среднеквадратическое отклонение
1	0	74,5	0,58	0,76
2	3	82	1,17	1,08
3	6	79,2	1,59	1,26
4	9	72,3	3,04	1,74
5	12	66	4	2
6	15	58,5	9	3



**Рис. 1 Влияние концентрации добавки шпинели на коэффициент трения при различной нагрузке
а) – нагрузка 5 Н, б) – нагрузка 10 Н.**

Анализ трибологических и физико-механических свойств композита, в полимерную матрицу которого входят армирующие компоненты, показал, что для улучшения эксплуатационных свойств материала при различной нагрузке следует применять концентрацию шпинели металлов 6 %.

Определение концентрации антифрикционных компонентов

Для оценки влияния концентрации антифрикционных добавок и нагрузочных режимов на процессы трения был использован статистический метод планирования эксперимента [8-9] с применением ортогонального плана второго порядка.

В качестве исследуемой функции отклика выбран: коэффициент трения образцов, а в качестве варьируемых факторов – концентрация шпинели K_{III} (X_1), концентрация фторопласта K_F (X_2), усилие на инденторе P (X_3), (таблица 2). Диск, совершая вращательное движение, двигался с линейной скоростью 0,1 м/с, усилие на штифте было выбрано 0,5; 1,0; 1,5 Н, а продолжительность испытания составляла 250 м. Интервалы варьирования наполнителей равны 3, а усилия на инденторе – 0,5.

В качестве математической модели был принят полином второго порядка:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2.$$

Согласно плану эксперимента, было проведено девять опытов, каждый из которых проводился трижды в случайном порядке для уменьшения погрешностей. В таблицах 3 и 4 представлены матрицы планирования эксперимента, а также средние значения, дисперсия параллельных опытов и значения, рассчитанные на основании полученных математических моделей.

Таблица 2

Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы				Уровни варьирования			
Наименование	Размерность	Обозначение		кодовые			интервалы варьирования
		натуральное	кодовое	-1	0	+1	
				натуральные			
Концентрация шпинели	%	$K_{ш}$	X_1	3	6	9	3
Концентрация фторопласта	%	K_{ϕ}	X_2	3	6	9	3
Усилие на инденторе	Н	P	X_3	0,5	1,0	1,5	0,5

Полученные значения дисперсий параллельных опытов были проверены на однородность по критерию Кохрена соответственно для степеней свободы числителя $f_1 = 2$ и знаменателя $f_2 = 9$ при уровне значимости 0,05. Дисперсии параллельных опытов оказались однородными, так как расчетные их значения были меньше табулированных.

Таблица 3

Матрица плана и результаты эксперимента для образцов, содержащих различную концентрацию добавки шпинели

№ опыта	Матрица планирования эксперимента			Выходные параметры оптимизации		
	X_0	X_1	X_3	$\bar{Y}_u$	$S_{Y_u}^2$	$\hat{Y}_u$
1	+1	-1	-1	0,695	5,33E-03	0,676
2	+1	+1	-1	0,655	4,29E-03	0,676
3	+1	-1	+1	0,801	3,36E-03	0,777
4	+1	+1	+1	0,794	5,63E-03	0,777
5	+1	-1	0	0,684	4,69E-03	0,727
6	+1	+1	0	0,730	3,84E-03	0,727
7	+1	0	-1	0,615	2,50E-03	0,598
8	+1	0	+1	0,676	3,54E-03	0,699
9	+1	0	0	0,655	1,52E-03	0,649

После расчета коэффициентов уравнений и учета статистически значимых коэффициентов были получены уравнения регрессии:

1. Для образцов, содержащих различную концентрацию добавки шпинели:

$$\hat{Y}(\mu) = 0,65 + 0,05 \cdot X_3 + 0,08 \cdot X_1^2.$$

2. Для образцов, содержащих 6 % шпинели и различную концентрацию добавки фторопласта:

$$\hat{Y}(\mu) = 0,21 - 0,04 \cdot X_2 - 0,01 \cdot X_3 - 0,01 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,03 \cdot X_2^2.$$

Таблица 4

Матрица плана и результаты эксперимента для образцов, содержащих 6 % шпинели и различную концентрацию добавки фторопласта

№ опыта	Матрица планирования эксперимента			Выходные параметры оптимизации		
	X_0	X_2	X_3	$\bar{Y}_u$	$s_{Y_u}^2$	$\hat{Y}_u$
1	+1	-1	-1	0,270	9,03E-05	0,271
2	+1	+1	-1	0,206	7,23E-05	0,209
3	+1	-1	+1	0,265	6,40E-05	0,265
4	+1	+1	+1	0,179	1,69E-04	0,181
5	+1	-1	0	0,268	1,60E-05	0,268
6	+1	+1	0	0,200	5,63E-05	0,195
7	+1	0	-1	0,215	1,00E-04	0,214
8	+1	0	+1	0,195	2,50E-05	0,197
9	+1	0	0	0,207	3,60E-05	0,206

По критерию Фишера (F) полученные уравнения регрессии оказались адекватными при уровнях значимости 0,05. Анализ уравнений показал, что коэффициент трения зависит как от концентрации добавок, так и от нагрузочных режимов, причем наибольшее влияние на функцию оказывает концентрация, так как помимо линейных эффектов воздействия в уравнениях имеются и квадратичные. На рисунке 2 представлены графики полученной регрессионной модели зависимости коэффициента трения от варьируемых факторов.

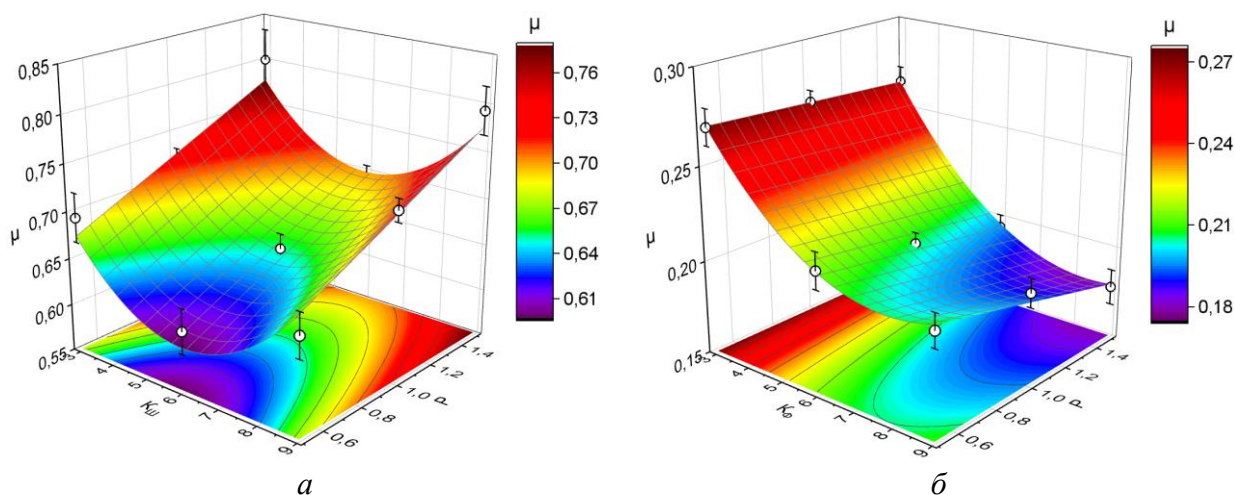


Рис. 2. Изменение величины коэффициента трения μ от нагрузки и концентрации добавки:

- а) – для образцов, содержащих различную концентрацию добавки шпинели,**
б) – для образцов, содержащих 6 % шпинели и различную концентрацию добавки фторопласта

На основании результатов трибологических испытаний образцов, содержащих различную концентрацию добавки шпинели, выбрана массовая доля 6 %. Существенное снижение коэффициента трения достигалось добавлением порошка фторопласта в композит. Причем эффективность работы наполненного материала при увеличении нагрузки наблюдалась с добавлением 6 % ПТФЭ.

Трибологические исследования композиционных материалов

При проведении трибологических лабораторных испытаний вращательное движение диска производилось с линейной скоростью 0,1 м/с. Массовое содержание наполнителей варьировалось в пределах от 0 до 15 %.

При нагрузке, равной 0,5 Н, применение шпинели в качестве наполнителя при любой концентрации значительно увеличивает коэффициент трения (рисунок 3). А при нагрузке в 1 Н коэффициент трения наполненного композита становится сопоставимым со значением его основы. Из рисунка 3 также видно, что применение ПТФЭ с концентрацией в 6 % значительно снижает коэффициент трения. Из полученных данных следует, что наилучшими свойствами композит обладает при концентрации наполнителей с массовой долей 6 %.

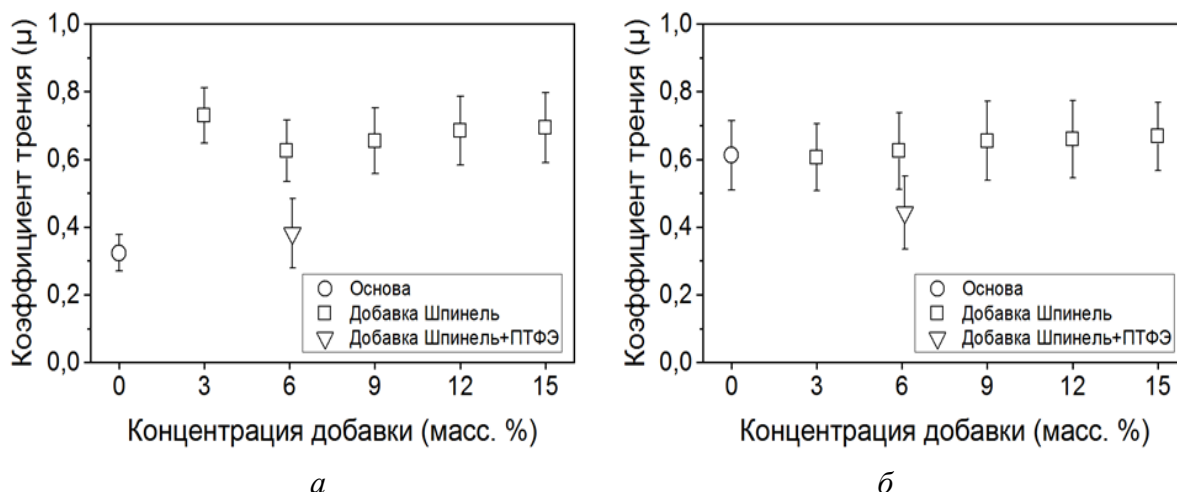


Рис. 3. Влияние концентрации наполнителей на коэффициент трения при различной нагрузке:
а – нагрузка 0,5 Н; б – нагрузка 1 Н

Основные выводы

В результате проведения экспериментальных исследований установлен оптимальный состав полимерного композиционного материала, повышающий эксплуатационные свойства металлополимерного трибосопряжения: введение в полимерную матрицу 6 % шпинели металлов и 6 % ПТФЭ способствует снижению коэффициента трения при контактом давлении 58,8 ... 70,5 МПа на 16,7 %, а при 74,1 ... 88,8 МПа – на 28,6 % по сравнению с немодифицированным полимером.

Полученный модифицированный полимерный материал может применяться не только в ремонтном производстве, но и в качестве покрытия поверхностей узлов трения тягового подвижного состава.

Библиографический список

1. Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена. Структурная модификация / Ю. К. Машков, З. Н. Овчар, В. И. Суриков, Л. Ф. Калистратова. – Москва: Машиностроение, 2005. – 240 с. – ISBN 5-217-03288-X.
2. **Gershman, I. S., Bushe, N. A.** Elements of Thermodynamics and Self-Organization during Friction / I. S. Gershman, N. A. Bushe // Self-Organization During Friction. Advanced Surface Engineered Materials and Systems Designed. Taylor & Francis Group. – Boca Raton – London – New York, 2006. – Ch. 2. – P. 13–58.

3. **Ищенко, А. А.** Технологические основы восстановления промышленного оборудования современными полимерными материалами / А. А. Ищенко. – Москва: Инфра-Инженерия, 2022. – 208 с. – ISBN 978-5-9729-0776-2.
4. **Иваночкин П. Г., Мантуров Д. С., Азоян А. И., Данильченко С. А.** Механические и трибологические характеристики модифицированной эпоксидной смолы наноразмерной шпинелью железа / П. Г. Иваночкин, Д. С. Мантуров, А. И. Азоян, С. А. Данильченко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 3. – С. 6–17. – DOI 10.46973/0201–727X_2022_3_6.
5. **Мантуров Д. С., Иваночкин П. Г., Азоян А. И., Харламов П. В.** Исследование кинетики и механизма формирования вторичных структур модифицированной эпоксидной смолы / Д. С. Мантуров, П. Г. Иваночкин, А. И. Азоян, П. В. Харламов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 4. – С. 41–51. – DOI 10.46973/0201–727X_2022_4_41.
6. **Азоян А. И., Мантуров Д. С., Шишияну Д. Н., Данильченко С. А.** Экспериментальное исследование влияния температуры на физико-механические свойства композиционного материала / А. И. Азоян, Д. С. Мантуров, Д. Н. Шишияну, С. А. Данильченко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1 (93). – С. 186–195. – DOI 10.46973/0201–727X_2024_1_186.
7. **Михальченков А. М., Тюрева А. А., Филин Ю. И., Панова Е. И.** Обоснование методики определения твердости полимерных дисперсных композиционных материалов / А. М. Михальченков, А. А. Тюрева, Ю. И. Филин, Е. И. Панова // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1. – С. 55–58. – ISSN 2500-2651.
8. **Евдокимов Ю. А., Колесников В. И., Тетерин А. И.** Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа / Ю. А. Евдокимов, В. И. Колесников, А. И. Тетерин. – Москва : Наука, 1980. – 228 с.
9. **Евдокимов, Ю. А.** Применение методов моделирования при решении задач трения и износа в машинах / Ю. А. Евдокимов / Труды РИИЖТ. – 1972. – № 84. – С. 53–62.

A. I. Azojan, P. G. Ivanochkin

STUDY OF PERFORMANCE PROPERTIES OF POLYMERIC MATERIAL AFTER ITS MODIFICATION IN FRICTION UNITS OF ROLLING STOCK

Abstract. The influence of fillers on the physical, mechanical and tribological properties of the polymer material has been studied. Experimental data were obtained using instrumental indentation and tribological analysis methods. It has been shown that the introduction of fillers into the polymer matrix can significantly increase the strength characteristics and, as a result, wear resistance. The improvement of technologies for the creation of composite materials opens up new horizons for their use in traction rolling stock of the transport complex.

Keywords: modification, restoration of friction unit surfaces, composite, hardness, indentation, experimental planning.

For citation: Azojan, A. I. Study of Performance Properties of Polymeric Material after its Modification in Friction Units of Rolling Stock / A. I. Azojan, P. G. Ivanochkin // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 70 – 77.

Сведения об авторах**Азоян Анаид Иосиповна**

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Теоретическая механика»,
младший научный сотрудник,
е

Иваночкин Павел Григорьевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Теоретическая механика»,
доктор технических наук, профессор,
е

Information about the authors**Azojan Anaid Iosipovna**

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Theoretical Mechanics»,
Junior Researcher,
e-mail: azojan.anaid@mail.ru

Ivanochkin Pavel Grigorievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Theoretical Mechanics»,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: ivanochkin_p_g@mail.ru

УДК 004.356 + 06

Е. Д. Аникина, Д. С. Мантуров

ФОТОПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В 3D-ПЕЧАТИ ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА: МОДИФИКАЦИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ¹

Аннотация. Технология аддитивного производства на сегодняшний день позволяет реализовать различные компоненты механических систем, а также применяется в различных областях промышленности, в том числе и конструирование подвижного состава. Фотополимеризация за последние годы широко используется в промышленности, в тоже время свойства полимеров данного типа ограничивают их применение, а именно механическая прочность и трибологические свойства. В данной работе рассмотрены достоинства технологии фотополимеризации, а также возможные методы модификации фотоотверждаемой смолы для повышения механических и трибологических характеристик конечного материала.

Ключевые слова: аддитивное производство, 3D-печать, фотополимеризация, модификация, трение, износ.

Для цитирования: Аникина, Е. Д. Фотополимерные материалы в 3D-печати деталей подвижного состава: модификация для повышения прочности и долговечности / Е. Д. Аникина, Д. С. Мантуров // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 78 – 84.

Введение

На тяговом подвижном составе, а также в машинах и механизмах передача мощности должна осуществляться с максимальной эффективностью и в широком нагрузочно-скоростном диапазоне [1]. Для узлов данного типа износ деталей имеет существенное значение, поскольку может снижать производительность в течении рабочего периода [2]. На производительность системы влияют точность обработки поверхности, а также механические и трибологические свойства применяемых материалов [3]. В условиях работы трибосопряжения другим важным фактором является сочетание материалов, которое необходимо учитывать от области применения и условий эксплуатации, что является актуальным в рамках транспортной отрасли и режимов работы подвижного состава. В современных условиях эксплуатации высокотехнологичных машин, полимеры выделяются в группу материалов, которые способны работать в условиях отсутствия смазочного материала при низких нагрузках, что обеспечивает низкий коэффициент трения [4].

Аддитивное производство

В отличие от традиционных методов создания формы детали, где форма придается точением или формированием под давлением, аддитивное производство (АП) изготавливает деталь из цифровых данных 3D модели послойным формированием [5]. К достоинствам АП относятся: производство детали практически без ограничения формы геометрии; минимизация отходов материала; отсутствие планирования производства [6]. Поскольку АП обладает таким преимуществом как геометрическая свобода, внедрение оптимизации топологии в производимые детали существенно возрастает [7]. Помимо ряда преимуществ,

которыми обладает АП в сравнении с традиционными методами, у данной технологии есть ряд недостатков, а именно: низкий уровень точности, низкие механические характеристики [8]. А также существенным недостатком является отсутствие трибологических свойств созданных деталей при помощи АП, характеристики которых могут не соответствовать аналогичным деталям изготовленным посредством традиционного производственного процесса [9].

Обширный ряд работ исследовательского характера, направленных на изучение и улучшение трибологических свойств деталей АП, сосредоточены на технологиях, использующих термопластичные материалы. К данным технологиям можно отнести: Экструзия материалов (ME) или Синтез на подложке (PBF). Свойства материала в данных технологиях изменяется за счет введения функциональных добавок (твердые неорганические наполнители [10], твердые смазочные материалы [11]) или оптимизации параметров технологического процесса [12].

Помимо методов создания деталей путем плавления термопластичных материалов, существует метод Фотополимеризации (ФП). Метод ФП заключается в послойном отверждении жидкого фотополимера, находящегося в ванне, с помощью фотополимеризации, активируемой светом. Первой технологией в данном секторе АП является метод Стереолитография (SLA) (рис. 1), представленный Чарльзом Халлом в 1984 году.

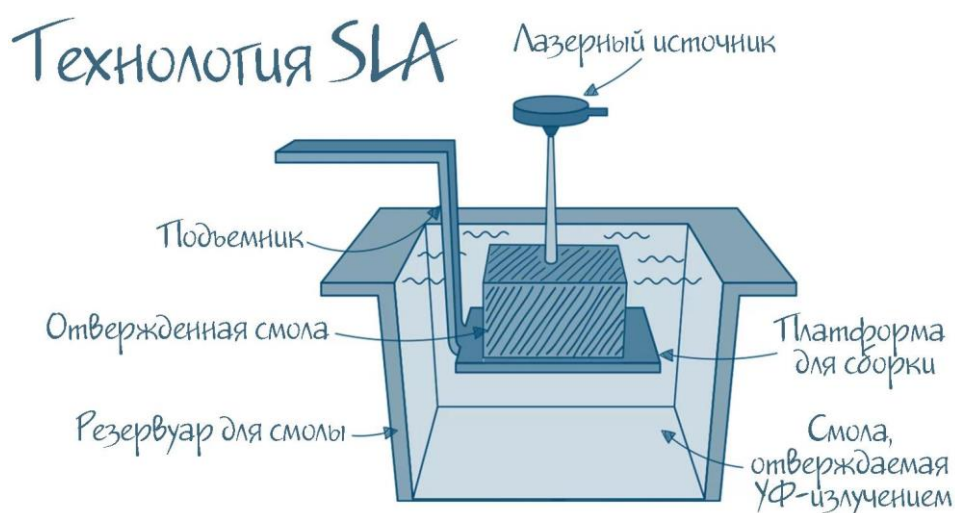


Рис. 1. Технология SLA печати

ФП создает детали путем полимеризации основных элементных блоков раствора (мономеров и олигомеров) в шитую макромолекулярную структуру (рис. 2). В технологии SLA фотополимер затвердевает вследствие точечного воздействия лазерного луча на поверхность.

В реализации метода ФП появились альтернативные подходы, которые используют проекцию маски слоя на дно резервуара, источниками света в данном случае выступают Цифровой световой проектор (DLP) или Жидкокристаллический дисплей (LCD) [6]. А также новые разработки в области ФП: использованием технологии непрерывного жидкостного интерфейса (CLIP), быстрое объемное изготовление с использованием голографического моделирования световых полей [13] и возможность многокомпонентной 4D-печати [14].

Жидкое связующее
вещество с мономерами,
олигомерами и
фотоинициаторами

Фотоинициаторы
распадаются под
действием УФ-излучения
на радикалы

Освобожденная энергия
радикалов обеспечивает
полное сшивание
макромолекул
(полимеризацию)
мономеров и олигомеров

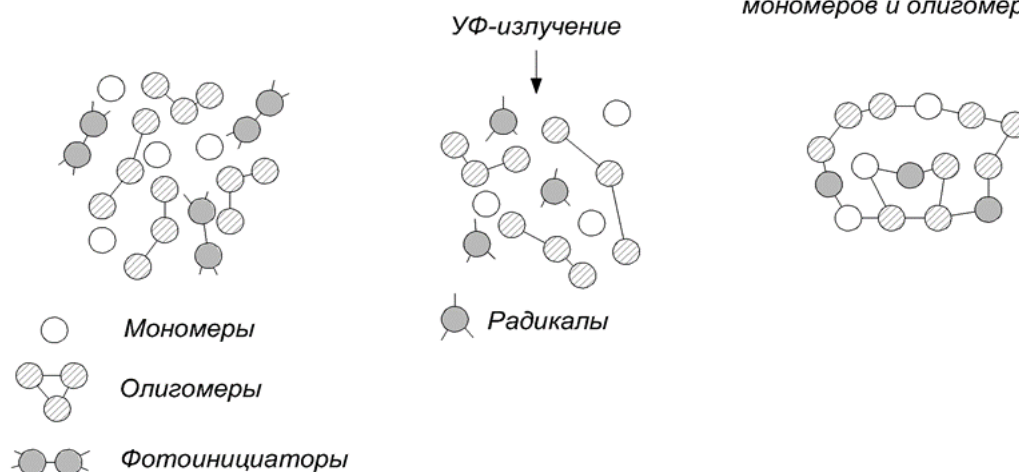


Рис. 2. Этапы процесса полимеризации

Преимущество ФП при применении в АП это изготовление деталей с высоким разрешением и достаточно низкой шероховатостью поверхности [6]. Закон оптической дифракции ($d=1.22*\lambda*f/D$, где λ – длина волны, f – фокусное расстояние, а D – диаметр апертуры.) ограничивает разрешение ФП. Для технологии DLP разрешение составляет 6,5 мкм при следующих параметрах: $\lambda=400$ нм, $f=400$ мм и $D=30$ мм, [8], технология SLA в тоже время способна дать разрешение до 0,4 мкм [15]. Помимо использования различных технологий для повышения качества, также возможно адаптировать деталь под требования узла за счет изменения химического состава смолы [16] или введением функциональных добавок [17].

Модификация

Несмотря на вышеперечисленные достоинства технологии ФП, исследований применения данных материалов в трибологической области крайне мало. Бергер и др. изучали точность изготовления в сравнении технологий стереолитографии и экструдирования. Установлено что технология ФП дает более высокую точность. Также были проведены стендовые испытания с использованием изготовленных шестерен, исследования показали, что шестерни, изготовленные методами экструдирования вышли из строя по причине излома, в тоже время образцы, изготовленные методом ФП, выдержали исследования и показали отсутствие износа [8].

Данниган и др. проводили исследования модификации фотополимера отходами полиэстера и порошка полиамида на трибологические свойства образцов. Установлено что увеличение концентрации полиэфирного и полиамидного порошка снижает коэффициент трения и износ [18].

Ханон и др. [19] провели испытание на компонентах, напечатанных с помощью DLP, и длительной обработкой УФ-излучением, испытательная установка применялась по схеме цилиндр-на-пластине с возвратно-поступательным движением. Коэффициент трения составил приблизительно 0,72.

В другой статье, опубликованной два года спустя, Ханон и др. [20] также представили влияние графена, присутствующего в полимерной матрице, отвержденной УФ-излучением. Он заметил, что добавление наночастиц в полимерную матрицу приводит к разрушению УФ-излучения, и как следствие неравномерное отверждение смолы. Таким образом, трибологические свойства ухудшились при содержании графена более 2% по весу.

Каземи и др. [21] изучили абразивную стойкость напечатанных DLP-компонентов на трибометре «штифт-диск», где оба компонента были изготовлены при помощи технологии DLP и не были подвергнуты последующему отверждению УФ-светом, с той разницей, что штифт был помещен под разными углами. В исследовании говорится, что наиболее важными факторами, определяющими скорость износа, были нагрузка, приложенная к штифту.

В качестве широко применяемых добавок для улучшения трибологических характеристик полимерных материалов являются такие наполнители как политетрафторэтилен (ПТФЭ), графит и MoS₂, данные добавки значительно снижают износ и коэффициент трения, но также влияют на снижение механических характеристик [22].

Слапник и др. [23] изучили влияние твердых смазок, таких как ПТФЭ, графит и MoS₂, добавленных в различных концентрациях в состав смолы, полученной из олигомера CN964A85, мономера SR605D в соотношении 7:3 и фотоинициатора. Образцы также были подвергнуты последующему отверждению УФ-светом в течение 900 (с) и испытаны на трибометре «штифт-диск». Результаты показали, что все образцы, содержащие ПТФЭ, продемонстрировали снижение коэффициента трения примерно с 0,7 до 0,5. Похожий эффект был отмечен для скорости износа. Добавление графита и MoS₂ практически не оказало влияния на трибологическое поведение.

Хюттинг и др. [24] провели сравнение образцов, изготовленных с помощью обычных, аддитивных и субтрактивных технологий, с точки зрения износоустойчивости, используя ПММА в качестве базового материала. Испытания на износ проводились во влажных условиях при количестве циклов до 5000, нормальной нагрузке 5 Н и амплитуде скольжения 10 мм. Испытания на износ не показали существенной разницы между образцами.

В работе Ханон и др. [25] проводились исследования влияния добавления графена в состав фотополимерной смолы на механические свойства. Образцы базовой смолы показали более высокие механические свойства в сравнении с наполненным фотополимером. Как следствие добавление графена вызывает снижение пластичности, в свою очередь данное свойство может оказать положительный эффект при применении узлах трибосопряжений.

Заключение

Рассмотрены основные вопросы использования фотополимерных смол и их модификации для улучшения механических и трибологических свойств.

Аддитивные технологии дают возможность изготавливать детали сложной геометрии, а также минимизировать количество продуктов отработки. В свою очередь данная технология обладает недостаточными механическими и трибологическими характеристиками для использования в трибосопряжениях с большими нагрузками.

Использование различных наполнителей и функциональных добавок для модификации смол позволит значительно улучшить их механические характеристики. Обзор исследований показал, что добавление твердых неорганических наполнителей может снизить коэффициент трения и увеличить износостойкость. Для достижения необходимых свойств создаваемых материалов необходим комплексный подход для выбора компонентов, основанный на теоретической оценке характеристик как применяемого материала, так и конечного продукта.

Таким образом, модификация фотополимерных материалов представляет собой перспективное направление исследований для повышения прочности и долговечности изделий, созданных с использованием аддитивных технологий, что позволит не только расширить области применения данной технологии, но и будет способствовать развитию новых решений для различных отраслей промышленности, в том числе для транспортной отрасли в рамках разработки и конструирования перспективного подвижного состава.

Библиографический список

1. **Bell, P. C.** Mechanical Power Transmission; Bell, P.C., Ed.; Palgrave Macmillan Press Limited: London, UK, (1971); ISBN 978-1-349-01197-1.
2. **Hu, C.** Development of a gear vibration indicator and its application in gear wear monitoring / Hu, C.; Smith, W.A.; Randall, R.B.; Peng, Z. // Mech. Syst. Signal Process. (2016), 76–77, 319–336.
3. **Radzevich, S. P.** Dudley's Handbook of Practical Gear Design and Manufacture, 2nd ed./ Radzevich, S.P.// Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, (2012); ISBN 9780429109065.
4. **Bhushan, B.** Principles and Applications of Tribology, 2nd ed.; John Wiley & Sons, Ltd.: Chichester, UK, (2013); ISBN 9781118403020.
5. ISO/ASTM 52900:2015 Standard Terminology for Additive Manufacturing—General Principles—Terminology; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, (2015).
6. **Gibson, I.** Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing / Gibson, I.; Rosen, D.; Stucker, B. // 2nd ed.; Springer: New York, NY. USA, (2015); ISBN 9781493921133.
7. **Liu, J.** Current and future trends in topology optimization for additive manufacturing. / Gaynor, A.T., Chen, S., Kang, Z., Suresh, K., Takezawa, A., Li, L., Kato, J., Tang, J., Wang, C.C.L. // Struct. Multidiscip. Optim. (2018), 57, 2457–2483.
8. **Berger, U.** Aspects of accuracy and precision in the additive manufacturing of plastic gears / Berger, U. // Virtual Phys. Prototyp. (2015), 10, 49–57.
9. **Amiruddin, H.** Comparative study of the tribological behaviour of 3D-printed and moulded ABS under lubricated condition. / Amiruddin, H.; Abdollah, M.F. Bin; Norashid, N.A. // Mater. Res. Express (2019), 6, 085328.
10. **Arif, M. F.** Multifunctional performance of carbon nanotubes and graphene nanoplatelets reinforced PEEK composites enabled via FFF additive manufacturing. / Arif, M.F. Alhashmi, H., Varadarajan, K.M., Koo, J.H., Hart, A.J., Kumar, S. // Compos. Part B Eng. (2020), 184, 107625.
11. **Bai, J.** Tribological and mechanical properties of MoS₂ enhanced polyamide 12 for selective laser sintering. / Bai, J., Song, J., Wei, J. // J. Mater. Process. Technol. (2019), 264, 382–388.
12. **Palma, T.** Multiscale mechanical and tribological characterizations of additively manufactured polyamide 12 parts with different print orientations. / Palma, T., Munther, M., Damasus, P., Salari, S., Beheshti, A., Davami, K. // J. Manuf. Process. (2019), 40, 76–83.
13. **Shusteff, M.** One-step volumetric additive manufacturing of complex polymer structures. / Shusteff, M., Browar, A.E.M., Kelly, B.E., Henriksson, J., Weisgraber, T.H., Panas, R.M., Fang, N.X., Spadaccini, C.M. // Sci. Adv. (2017), 3, eaao5496.
14. **Schwartz, J. J.** Multimaterial actinic spatial control 3D and 4D printing. / Schwartz, J.J., Boydston, A.J.// Nat. Commun. (2019), 10, 1–10.
15. **Maruo, S.** Submicron stereolithography for the production of freely movable mechanisms by using single-photon polymerization. / Maruo, S., Ikuta, K. // Sensors Actuators A Phys. (2002), 100, 70–76.
16. **Slapnik, J.** Tailoring properties of photopolymers for additive manufacturing with mixture design. / Slapnik, J., Pulko, I. // Prog. Addit. Manuf. (2020), DOI:10.1007/s40964-020-00147-1.
17. **Markandan, K.** Enhanced mechanical properties of 3D printed graphene-polymer composite lattices at very low graphene concentrations. / Markandan, K., Lai, C.Q. // Compos. Part A Appl. Sci. Manuf. (2020), 129, 105726.
18. **Dunnigan, R.** Beneficial usage of recycled polymer particulates for designing novel 3D printed composites. / Dunnigan, R., Clemens, J., Cavalli, M.N., Kaabouch, N., Gupta, S. // Prog. Addit. Manuf. (2018), 3, 33–38.

19. **Hanon, M.** Tribological and mechanical properties investigation of 3D printed polymers using DLP technique. / Hanon, M., Zsidai, L. // 2nd International Conference on Materials Engineering & Science (ICONMEAS 2019). (2020), DOI:10.1063/5.0000267.
20. **Hanon, M.,** Ghaly A., Zsidai L., Klébert S., Tribological characteristics of digital light processing (DLP) 3D printed graphene/resin composite: Influence of graphene presence and process settings, *Materials & Design*, 218, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022>
21. **Kazemi, M.** An experimental and theoretical study of the abrasion performance of digital light processing parts. / Kazemi, M., Rahimi, A.// *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 235(6-7), 1022–1035., (2020). DOI:10.1177/0954405420981333.
22. **Alajmi, M.** Tribological characteristics of graphite epoxy composites using adhesive wear experiments. / Alrashdan, K.R., Alsaeed, T., Shalwan, A. // *J. Mater. Res. Technol.* (2020), 9, 13671–13681.
23. **Slapnik, J.,** Stiller, T., Wilhelm, T., Hausberger, A., Influence of Solid Lubricants on the Tribological Performance of Photocurable Resins for Vat Photopolymerization. *Lubricants*, 8(12), 104. (2020). DOI:10.3390/lubricants8120104.
24. **Huettig, F.,** Polishability and wear resistance of splint material for oral appliances produced with conventional, subtractive, and additive manufacturing. / Huettig, F., Kustermann, A., Kuscu, E., Geis-Gerstorfer, J., Spintzyk, S. // *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 75, 175–179, (2017) DOI:10.1016/j.jmbbm.2017.07.019.
25. Hanon, Muammel & Ghaly, Arsany & Zsidai, L. & Szakal, Zoltan & Szabó, István & Kátai, László. (2021). Investigations of the Mechanical Properties of DLP 3D Printed Graphene/Resin Composites. *Acta Polytechnica Hungarica*. 18. 143-161. 10.12700/APH.18.8.2021.8.8.

E. D. Anikina, D. S. Manturov

PHOTOPOLYMERIC MATERIALS IN 3D PRINTING OF ROLLING STOCK PARTS: MODIFICATION TO INCREASE STRENGTH AND DURABILITY

Abstract. Today, additive manufacturing technology allows various components of mechanical systems, and is also used in various industries. Photopolymerization has been widely used in industry in recent years, while the properties of this type of polymers limit their use, namely mechanical strength and tribological properties. This paper discusses the advantages of photopolymerization technology, as well as possible methods for modifying photocurable resin to improve the mechanical and tribological characteristics of the final material.

Keywords: additive manufacturing, 3D printing, photopolymerization, modification, friction, wear.

For citation: Anikina, E. D. Photopolymeric Materials in 3D Printing of Rolling Stock Parts: Modification to Increase Strength and Durability / E. D. Anikina, D. S. Manturov // *Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya*. – 2025. – № 1. – P. 78 – 84.

Сведения об авторах

Аникина Елена Дмитриевна
Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Теоретическая механика»,

Information about the authors

Anikina Elena Dmitrievna
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Theoretical Mechanics»,
Post-graduate Student,

аспирант,
e-mail: al.anikina2002@mail.ru

e-mail: al.anikina2002@mail.ru

Мантуров Дмитрий Сергеевич
Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Теоретическая механика»,
Заведующий лабораторией,
кандидат технических наук,
e-mail: manturoff_dc@mail.ru

Manturov Dmitriy Sergeevich
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Theoretical Mechanics»,
Head of the Laboratory,
Candidate of Technical Scienses,
e-mail: manturoff_dc@mail.ru

УДК 629.423

*О. С. Валинский, А. М. Евстафьев, П. Г. Колпахчян, А. Н. Сычугов***ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЛОКОМОТИВЫ ДЛЯ ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА¹**

Аннотация. В статье выполнен анализ современных отечественных локомотивов, сформулированы требования к перспективным сериям локомотивов для Восточного полигона.

Ключевые слова: перспективный локомотив, Восточный полигон, бесколлекторный тяговый привод.

Для цитирования: Перспективные локомотивы для Восточного полигона / О. С. Валинский, А. М. Евстафьев, П. Г. Колпахчян, А. Н. Сычугов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 85 – 93.

Сегодня Восточный полигон железных дорог крайне востребован. Объемы перевозок за последние годы заметно выросли и продолжают увеличиваться. ОАО «РЖД» и ведущие машиностроительные компании реализуют ряд мероприятий, направленных развитие технологий и увеличение провозной способности лимитирующих направлений, и совершенствование сквозного процесса доставки груза. Одним из таких направлений является разработка перспективного локомотива для работы на Восточном полигоне. Необходимо отметить, что основными грузовыми электровозами на полигоне является электровозы серии ЭС5К и тепловозы серии ТЭ25. Для определения требований к перспективному локомотиву необходимо провести анализ мирового опыта в данной области.

Рассмотрим эксплуатационные показатели железнодорожных операторов ряда стран, включая США, Китай, Германию, Францию, ЮАР, Индию, Южную Корею и Россию (таблица 1) [1].

На основе данных таблицы 1 железные дороги можно классифицировать на три группы:

1. железные дороги с протяженностью в десятки тысяч километров, характеризующиеся высокими объемами грузо- и пассажирооборота, при значительной доле электрифицированных линий.
2. железные дороги с протяженностью в десятки тысяч километров и высокими объемами грузо- и пассажирооборота, но с низким уровнем электрификации.
3. железные дороги с протяженностью до нескольких десятков тысяч километров, эксплуатационные показатели которых существенно ниже, чем у железных дорог первых двух групп.

Помимо эксплуатационных показателей работы железных дорог при классификации были учтены прогнозы международного энергетического агентства. На железнодорожном транспорте России, Китая и Индии прогнозируется рост потребления электроэнергии, затрачиваемой на тягу поездов, в то время как в США – рост потребления только дизельного топлива (рис.1) [2].

Безусловно, предложенное разделение на группы носит условный характер. Тем не менее, проведенный анализ показал, что объемы работы железнодорожного транспорта Китая и Индии сопоставимы с показателями работы железных дорог России. В связи с этим оправданным представляется использование опыта этих стран при формулировании требований к локомотивам, предназначенным для эксплуатации в российских условиях.

Таблица 1

Эксплуатационные характеристики железных дорог стран мира

Страна	Эксплуатационная длина сети, км	Длина электрифицированных линий, км	Отправлено грузов, млн. т	Коммерческий грузооборот, млрд. ткм	Коммерческий грузооборот на 1 км эксплуатационной длины, млн. т	Локомотивный парк, ед.	Пассажирооборот (для США - Амтрак), млрд. пасс.-км	Объем пассажирских перевозок, млн. чел.	Общий пробег поездов, млн. поездо-км (для США - пробег в грузовом движении)	Среднесписочная численность работников в целом, тыс. чел.
США (AAR)	148258	н\д	1364	2306	15.6	24373	7.5	22.6	676.3	143.4
Германия (DB AG)	33426	20439	202	84.2	2.5	3675	63.2	1671.5	399	321.8
Франция (SNCF)	28468	16254	34	16.1	0.5	1514	85.3	1076	175.5	94.7
Китай (CR)	92746	71019	2621	2352.8	26.6	20182	654.3	1895.6	1254.8	1682.4
ЮАР (Transnet)	20953	8043	216	85.2	4.1	2127	3.5	146.6	74	35.1
Индия (IR)	67690	39644	1247	746.1	11	12494	841.4	5916	809.4	1243.4
Южная Корея (Korail)	4226	3188	26	6.9	1.5	415	19.2	114.9	53.9	29
Россия (РЖД)	85539	44156	1378	2602.8	30.4	13507*	113.4	1083.1	1308.8	691

С 2004 года Китай активно занимался локализацией производства электроподвижного состава с асинхронными тяговыми электродвигателями, разработанного в сотрудничестве с ведущими мировыми компаниями. На сегодняшний день эта задача успешно решена. Производственные мощности, сосредоточенные на многочисленных предприятиях страны, объединены в Китайскую корпорацию железнодорожного подвижного состава (China Railway Rolling Stock Corporation, CRRC), которая является крупнейшим участником мирового локомотивостроительного рынка [3]. Китай производит полный спектр электропоездов, включая шестиосные пассажирские электропоезды, шестиосные грузовые электропоезды для контейнерных поездов и двухсекционные восьмиосные электропоезды для тяжеловесных грузовых составов (таблица 2).

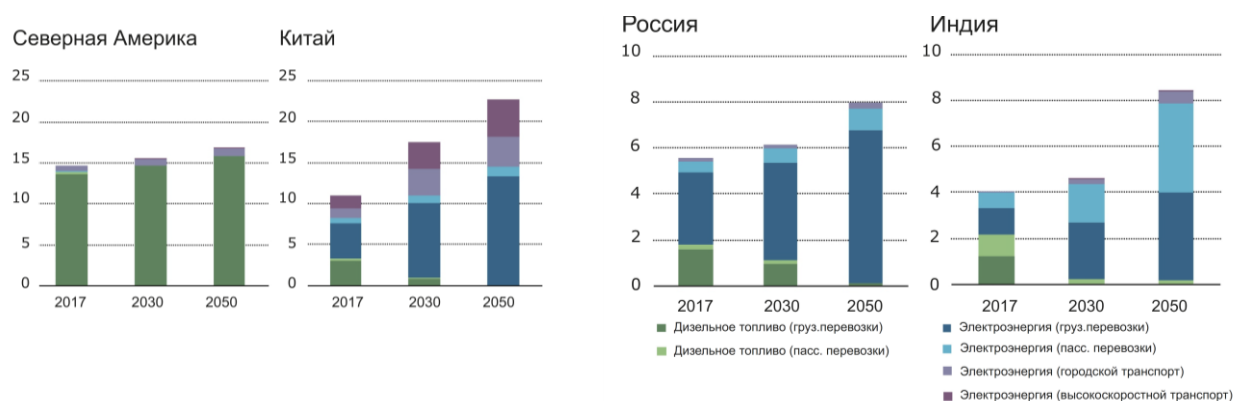


Рис. 1. Прогнозирование спроса на энергию на железнодорожном транспорте (Mtoe)

Таблица 2

Технические характеристики электровозов Китая

Серия	Род службы	Начало эксплуатации	Конструкционная скорость, км/ч	Количество	Мощность (длит.), кВт	Количество осей	Сила тяги (длит.), кН	Нагрузка на ось, т	ТЭД	Мощность ТЭД, кВт	Производитель
HXD1.1	Электровоз грузовой	2006	120	>600	9600 (2×4800)	8	494 (532)	23 (25)	АТД	1224	Siemens Zhuzhou
HXD1B	Электровоз грузовой	2009-2011	120	650	9600	6	570	25	АТД	1633	Siemens Zhuzhou
HXD1C	Электровоз грузовой	2009	120	1207	7200	6	520 (570)	23 (25)	АТД	1200	Siemens Zhuzhou Ziyang
HXD1D	Электровоз пасс.	2012	160	>600	7200	6	420	21(23)	АТД	1225	Zhuzhou
HXD1G	Электровоз пасс.	2015	210	2	11200 (2×5600)	8	424	19.5	АТД	1400	Zhuzhou
HXD2B	Электровоз грузовой	2009-2011	120	500	9600 (2×4800)	6	455 (584)	23 (25)	АТД	1600	Zhuzhou
HXD2.1	Электровоз грузовой	2012	120	>280	10000 (2×5000)	6	400	23 (25)	АТД	1250	Alstom, Datong
HXD3	Электровоз грузовой	2003-2010	120	1080	7200	6	370/400 (520/570)	23(25)	АТД	1250	Toshiba, CNR Dalian
HXD3B	Электровоз грузовой	2009-2011	120	500	9600 (2×4800)	6	506 (570)	25	АТД	1632	Bombardier Dalian
HXD3C	Электровоз груз/пасс	2010	120	>1300	7200	6	520	23(25)	АТД	1200	Bombardier Dalian
HXD3D	Электровоз пасс.	2015	160	>600	7200	6	324(420)	21	АТД	1250	Dalian

С начала 2000-х годов на железных дорогах Индии эксплуатируется электроподвижной состав, разработанный в сотрудничестве с зарубежными производителями. Этот подвижной состав включает шестиосные пассажирские электровозы, а также шести- и восьмиосные грузовые электровозы, предназначенные для работы с тяжеловесными и длинносоставными поездами. В рамках реализуемой программы модернизации железнодорожного транспорта уделяется особое внимание внедрению современных технологий, включая применение асинхронных тяговых электродвигателей и систем управления, обеспечивающих высокую энергоэффективность и надежность (таблица 3).

Таблица 3

Технические характеристики электровозов Индии

Серия	Род службы	Начало эксплуатации	Конструкционная скорость, км/ч	Количество	Мощность (длит.), кВт	Количество осей	Сила тяги (длит.), кН	Нагрузка на ось, т	ТЭД	Мощность ТЭД, кВт	Производитель
WAP-5	Электровоз пассажирский	1995	200	240	4500	6	н/д	19.5	АТД	1150	ABB, CLW
WAP-7	Электровоз пассажирский	1999	160	1500	4600	6	228	20.5	АТД	760	CLW, BLW
WAG-9H	Электровоз грузовой	2006	100	4600	4400	6	н/д	22	АТД	750	CLW, BHEL, BLW, PLW
WAG-12B	Электровоз грузовой	2017	100	390	9000	8	н/д	22.5(25)	АТД	1125	Alstom, ELF Madhepura

В России налажен выпуск современных электровозов постоянного и переменного тока (таблица 4). Важно отметить, что основные электровозы для пассажирских и грузовых перевозок на железных дорогах постоянного тока имеют коллекторные тяговые двигатели и систему реостатного пуска, а на железных дорогах переменного тока – коллекторные тяговые двигатели и тиристорные преобразователи. Данные технические решения ограничивают энергетическую эффективность и эксплуатационную надежность локомотивов по сравнению с современными системами управления с синхронными и асинхронными тяговыми двигателями [4, 5].

Таблица 4

Технические характеристики электровозов России

Серия	Начало эксплуатации	Конструкционная скорость, км/ч	Количество	Мощность (двиг.), кВт	Количество осей	Сила тяги (двиг.), кН	Нагрузка на ось, т	ТЭД	Мощность ТЭД, кВт	Производитель
2ЭС4К	2008	120		5920	8	391	24	КТД	740	ТМХ
2ЭС5К	2004	110	~2000	6120	8	421	25	КТД	765	ТМХ
2ЭС5	2012	120	~20	8400	8	536	25	АТД	1050	ТМХ
ЭП20	2011	160/200	80	6400	6	300/230	21,5	АТД	1100	ТМХ
2ЭС6	2006	120	~1300	6000	8	418	25	КТД	750	Синара ТМ
2ЭС10	2010	120	~120	8400	8	538	25	АТД	1050	Синара ТМ
2ЭС7	2019	120	35	8400	8	538	25	АТД	1050	Синара ТМ
2ЭС8	2022	120		8000	8	564	25	АТД	1000	Синара ТМ

В Китае и Индии успешно завершён технологический переход от коллекторного тягового привода к асинхронному (АТП), что позволило значительно повысить энергоэффективность и эксплуатационные характеристики локомотивов. В России, однако, продолжается производство электровозов с коллекторным приводом. Увеличение мощности и силы тяги таких локомотивов возможно исключительно за счёт наращивания числа секций, что сопряжено с увеличением массы и длины подвижного состава, а также усложнением его эксплуатации. В то же время современные зарубежные электровозы с АТП обладают значительно более высокими показателями. Например, мощность одного тягового электродвигателя может достигать 1600 кВт, что позволяет односекционному шестиосному локомотиву обладать суммарной мощностью 9600 кВт и развивать силу тяги порядка 550 кН.



Рис. 2. Мощность тяговых электродвигателей электровозов

Анализируя парки современных тепловозов Китая (таблица 5) и Индии (таблица 6) следует отметить, что к настоящему времени завершён переход на бесколлекторный тяговый привод. При сохранении нагрузки на ось 22 – 25 т, секционная мощность была увеличена до 3400 – 4700 кВт, а мощность тягового электродвигателя возросла до 730 кВт.

Таблица 5

Технические характеристики тепловозов Китая

Серия	Начало эксплуатации	Конструкционная скорость, км/ч	Количество	Мощность (длит.), кВт	Количество осей	Сила тяги (длит.), кН	Нагрузка на ось, т	ТЭД	Мощность ТЭД, кВт	Производитель
DF11G	2003	170	184	7200	12	250 (386)	23	КТД	510	CRRC Qishuyan Co., Ltd.
HXN3	2008	120 (160)	332	4700	6	598 (620)	25	АТД	620	EMD, CRRC Dalian
HXN5	2008	120 (160)	300	4660	6	565 (620)	25	АТД	730	GE, CSR, CRRC Qishuyan

Таблица 6

Технические характеристики тепловозов Индии

Серия	Начало эксплуатации	Конструкционная скорость, км/ч	Количество	Мощность (длит.), кВт	Количество осей	Сила тяги (длит.), кН	Нагрузка на ось, т	ТЭД	Мощность ТЭД, кВт	Производитель
WDG-4G	2017	100	468	3400	6	405 (544)	22	АТД	600	GE, The Diesel Locomotive Factory, Marhowrah
WDG-6G	2019	100	92	4500	6	420 (570)	23	АТД	640	GE, The Diesel Locomotive Factory, Marhowrah
WDP-4D	2002	135	525	4000	6	429	20,5	АТД	560	EMD, BLW

Для тепловозов отечественного производства, необходимо отметить, что работа по переходу к бесколлекторному тяговому приводу не завершена. Достаточно высокие тяговые свойства при относительно невысокой мощности дизеля были получены на тепловозе 2ТЭ25А. Однако в настоящее время повышение силы тяги грузовых тепловозов, в частности, тепловозов для Восточного полигона обеспечивалась преимущественно за счёт увеличения количества секций (таблица 7).

На рис. 3 и рис. 4 приведены результаты сравнения характеристик отечественных грузовых тепловозов и тепловозов одного из крупных производителей – General Electric. Повышение величины силы тяги тепловозов General Electric были достигнуты при использовании асинхронного тягового привода как за счёт увеличения секционной мощности, так и за счёт увеличения осевой нагрузки до 32 т/ось (тепловоз ЕТ44АС).

Наиболее перспективные образцы грузовых электровозов имеют осевую силу тяги 7 – 9 тс/ось, при мощности тягового двигателя на валу 1100 – 1600 кВт, конструкционную

скорость 120 – 140 км/ч. Дальнейшее увеличение силы тяги электровозов без увеличения количества осей будет возможно при увеличении осевой нагрузки.

Таблица 7

Технические характеристики тепловозов России

Серия	Начало эксплуатации	Конструкционная скорость, км/ч	Количество	Мощность (длит.), кВт	Количество осей	Сила тяги (длит.), кН	Нагрузка на ось, т	ТЭД	Мощность ТЭД, кВт	Производитель
2ТЭ25КМ	2014	100	655	2х2648 По дизелю	12	647	24,0	КТД	350	УК «БМЗ»
2ТЭ25А	2006	120	55	2х2500 По дизелю	12	780	24,0	АТД	325	УК «БМЗ»
3ТЭ28	2022	120	14	3х2850 по дизелю	18	970,8	25,0	КТД	380	УК «БМЗ»
ТЭП70БС	2002	120/160	366	2942 По дизелю	6	167/222	22,5	КТД	414	АО «Коломенский завод»
3ТЭ25К2М	2020	100	133	3х3100	18	970,8	24,5	КТД	417	АО «Трансмашхолдинг»

Для обеспечения максимальных скоростей следования графиковых пассажирских поездов в перспективе до 160 – 200 км/ч, мощность тягового электродвигателя шестиосного электровоза должна быть не менее 1000 – 1100 кВт. Осевая мощность современных пассажирских электровозов достигает 900 – 1400 кВт. Реализация указанных мощностей в габаритах электровоза возможна только при внедрении бесколлекторного тягового привода.

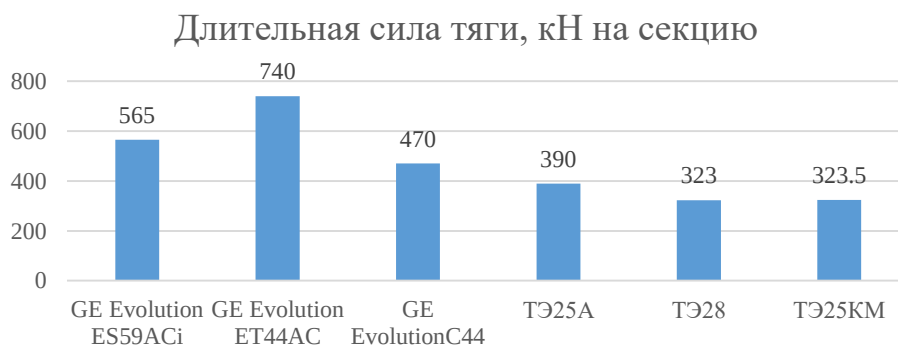


Рис. 3. Сравнительные характеристики тепловозов зарубежного и отечественного производства

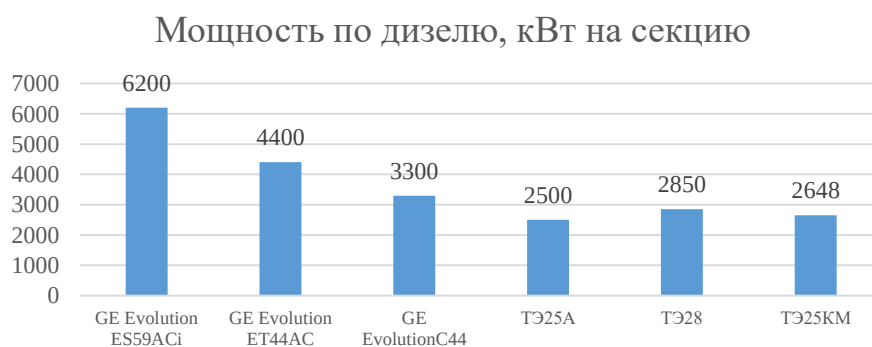


Рис. 4. Сравнительные характеристики тепловозов зарубежного и отечественного производства

Перспективные грузовые тепловозы согласно ГОСТ 31187-2011 «Тепловозы магистральные. Общие технические требования» должны проектироваться для конструкционной скорости не менее 120 км/ч. Повышение тяговых свойств отечественных грузовых тепловозов без увеличения количества осей возможно путём дальнейшего совершенствования и широкого внедрения бесколлекторного тягового привода. В перспективе должен рассматриваться вопрос об увеличении осевой нагрузки.

Для организации тяжеловесного движения, прежде всего на Восточном полигоне, необходимо освоение выпуска современных грузовых локомотивов, большой мощности и с высокой осевой нагрузкой (таблица 8). Обоснованным является использование шестиосных или восьмиосных двухсекционных локомотивов. Осевая нагрузка электровозов может быть доведена до 27 т, с перспективой увеличения до 30 т. Это позволит поднять осевую мощность таких локомотивов до 1600 кВт и реализовать силу тяги до 8 тс на ось.

Современные пассажирские локомотивы должны быть шестиосными, иметь скорость 160 км/ч и, в отдельных случаях, до 200 км/ч. При осевой нагрузке порядка 22 т мощность тяговых двигателей 1000 – 1100 кВт на ось позволяет водить пассажирские поезда любой массы без ограничения по профилю.

Одним из перспективных видов тягового подвижного состава являются универсальные, грузопассажирские электровозы, предназначенные для вождения тяжелых пассажирских поездов и ускоренных грузовых (контейнерных, рефрижираторных) в одном графике с пассажирскими. При силе тяги большей, чем у пассажирских локомотивов, их скорость может быть снижена до 140 км/ч. Такие локомотивы должны иметь осевую нагрузку до 24 т и мощность тяговых двигателей порядка 1200 кВт.

Таблица 8

Технические характеристики перспективных электровозов

Тип локомотива	Осевая нагрузка,	Осевая формула	Макс. скорость,	Осевая мощность,	Сила тяги на ось,
	т		км/ч	кВт	тс
Грузовой	27 (30)	2о-2о-2о	120-140	1600	8
		2(2о-2о)			
Пассажирский	22	2о-2о-2о	160 (200)	1100	6
Универсальный	22-24	2о-2о-2о	140	1200	7

Тяговый электропривод электровозов должен создаваться на основе бесколлекторных тяговых двигателей: асинхронных для грузовых и грузопассажирских электровозов, асинхронных или синхронных с постоянными магнитами на роторе для пассажирских. Применение коллекторных тяговых двигателей на тяговом подвижном составе не имеет дальнейших перспектив.

Перспективные тепловозы предназначены для решения тех же задач и должны иметь аналогичные характеристики по осевой нагрузке и скорости. Основные параметры тепловозов приведены в таблице 9.

Таблица 9

Технические характеристики перспективных тепловозов

Тип локомотива	Осевая нагрузка,	Осевая формула	Макс. скорость,	Мощность по дизелю	Сила тяги на ось,
	т		км/ч	кВт (л.с.) в секции	тс
Грузовой	27 (30)	2(3о-3о)	120	2500 (3400) - 3000 (4000)	7
		3(3о-3о)			
Пассажирский	21	(3о-3о)	160	3000 (4000)	4

Универсальный	22-24	(30-30)	140	2500 (3400)	5-6
---------------	-------	---------	-----	-------------	-----

Для всех видов тягового подвижного состава должно быть реализовано поосное регулирование силы тяги, высокий уровень автоматизации управления и цифровизации тягового электропривода, максимальная унификация подвижного состава по обслуживанию.

Реализация преимуществ бесколлекторных тяговых двигателей с использованием тягового привода I класса невозможна из-за ограничений по скорости, массы и мощности тягового двигателя. Анализ существующих конструкций показал, что с использованием тягового привода I класса пределом является мощность 800 – 1000 кВт. Необходимо осуществить переход на тяговый привод III класса, что позволяет использовать тяговые двигатели бескорпусной конструкции, интегрированные в одном корпусе с редуктором.

Создание новых локомотивов должно проводиться с использованием модульного принципа. Для этого необходимо создание платформ для производства тягового подвижного состава на основе модулей. В качестве примера можно привести тележку электровоза ЭП20, которая может стать основой для создания локомотивов разных типов.

При проектировании локомотивов должна быть предусмотрена возможность модернизации, так как устаревание в области силовой полупроводниковой техники, систем управления идет очень быстро. Поэтому наличие потенциала модернизации является одним из ключевых условий создания новых локомотивов.

Библиографический список

1. Janes World Railways Yearbook 22/23. – London: Jane's Information Group, 2022. – ISBN 978-0-7106-3414-6.
2. World Energy Outlook 2018. – Published November 2018. – International Energy Agency. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018> (дата обращения: 01.09.2024).
3. China Railway Rolling Stock Corporation. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.crrcgc.cc/en/> (дата обращения: 01.09.2024).
4. ТМХ – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tmholding.ru/> (дата обращения: 01.09.2024).
5. Синара Групп. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sinara-group.com/> (дата обращения: 01.09.2024).

O. S. Valinsky, A. M. Evstafiev, P. G. Kolpakhchyan, A. N. Sychugov

PROSPECTIVE LOCOMOTIVES FOR THE EASTERN POLYGON

Abstract. The article analyzes modern domestic locomotives and formulates requirements for promising locomotive series for the Eastern Polygon.

Keywords: promising locomotive, Eastern Polygon, brushless traction drive.

For citation: Prospective locomotives for the Eastern polygon / O. S. Valinsky, A. M. Evstafiev, P. G. Kolpakhchyan, A. N. Sychugov // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 85– 93.

Сведения об авторах**Валинский Олег Сергеевич**

Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
ректорат, кафедра «Электрическая тяга»,
кандидат технических наук,
ректор, профессор,
e-mail: elt@pgups.ru

Евстафьев Андрей Михайлович

Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
кафедра «Электрическая тяга»,
доктор технических наук,
заведующий кафедрой, профессор
e-mail: elt@pgups.ru

Колпахчян Павел Григорьевич

Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
кафедра «Электрическая тяга»,
доктор технических наук, профессор
e-mail: elt@pgups.ru

Сычугов Антон Николаевич

Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
кафедра «Электрическая тяга»,
старший преподаватель
e-mail: elt@pgups.ru

Information about the authors**Valinsky Oleg Sergeevich**

Emperor Alexander I St. Petersburg State
Transport University (SPSUT),
Rector's Office, Chair «Electric Traction»,
Candidate of Technical Sciences,
Rector, Professor,
e-mail: elt@pgups.ru

Evstafiev Andrey Mikhailovich

Emperor Alexander I St. Petersburg State
Transport University (SPSUT),
Chair «Electric Traction»,
Doctor of Technical Sciences,
Head of the Chair, Professor,
e-mail: elt@pgups.ru

Kolpakhchyan Pavel Grigorievich

Emperor Alexander I St. Petersburg State
Transport University (SPSUT),
Chair «Electric Traction»,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: elt@pgups.ru

Sychugov Anton Nikolaevich

Emperor Alexander I St. Petersburg State
Transport University (SPSUT),
Chair «Electric Traction»,
Senior Lecturer,
e-mail: elt@pgups.ru

УДК 629.4.06

А. В. Илларионов, П. Ю. Коновалов, Н. В. Талахадзе, А. А. Бахтин, С. В. Попузина

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА САЛОНОВ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ СЕРИИ ЭД9М¹

Аннотация. В настоящей статье была рассмотрена проблема отсутствия современных систем обеспечения микроклимата салонов в электропоездах серии ЭД9М. Так же были представлены расчеты, на основании которых возможна модернизация представленного подвижного состава с целью повышения качества проезда пассажиров [1]. Предложены современные системы, которые могут быть внедрены в данную серию электропоездов.

Ключевые слова: электрический транспорт железных дорог, моторвагонный подвижной состав, электропоезда, ЭД9М, модернизация, система микроклимата, холодопроизводительность, теплотехнический расчет.

Для цитирования: Модернизация системы обеспечения микроклимата салонов электропоездов серии ЭД9М / А. В. Илларионов, П. Ю. Коновалов, Н. В. Талахадзе и др. // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 94 – 101.

Современные требования к перевозкам пассажиров с точки зрения комфорта, заставляет в серьез задуматься об оснащении электропоездов серии ЭД9М современной системой поддержания микроклимата салонов, особенно на фоне эксплуатируемого современного моторвагонного подвижного состава серии ЭПЗД. В настоящее время на сети ОАО «РЖД» эксплуатируется более 200 единиц электропоездов серии ЭД9М, из них 45 единиц эксплуатируется на СКЖД.

В настоящее время на эксплуатируемых электропоездах серии ЭД9М для поддержания микроклимата внутри вагонов применяется система вентиляции с принудительной подачи воздуха, а также электрокалориферная система отопления салонов (рисунок 1).

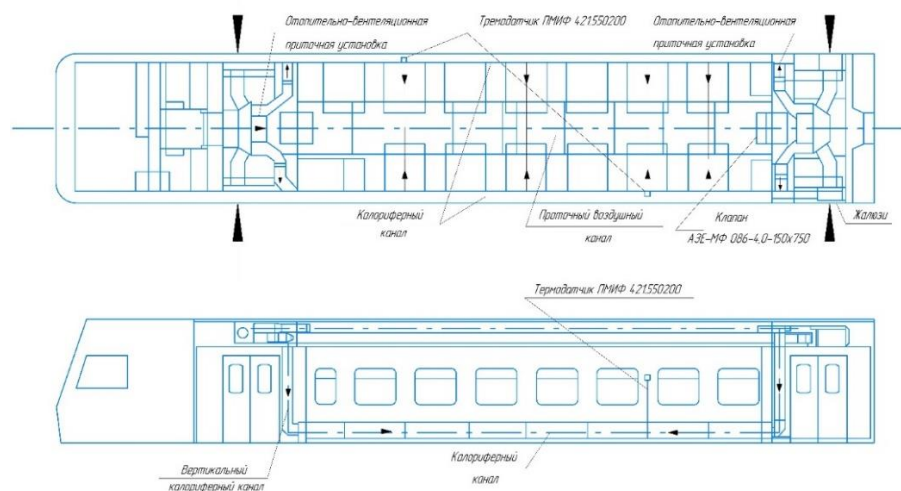


Рис. 1. Вентиляция и электрокалориферное отопление салона ЭД9М

Основная функция вентиляционно-отопительной установки (ОВПУ) заключается в обеспечении комфортного микроклимата в салонах электропоезда, что особенно важно при перевозке пассажиров, она позволяет бесперебойно обеспечивать салоны свежим воздухом в летние сезоны, а также поддерживать комфортную температуру в зимний период времени. [2-3]

Технические характеристики моноблочной отопительно-вентиляционной установки ОВПУ – 2500 – 3000/628 – 25 – 01РЭ (рисунок 2). В технических данных указана производительность не менее чем 2500 м³/ч, при этом вырабатываемый уровень шума равен не более 55 дБ. Питание вентилятора осуществляется через 3 фазы, 220 В, а максимальная потребляемая мощность калорифера варьируется от 12,1 кВт и до 28,6 кВт при наличии 2 секций нагревательных элементов. Также ОВПУ имеет двухпозиционное управление заслонками, которые имеют три положения: «Зима», «Переходной режим», «Лето», работает при температурах от минус 50 до плюс 40 и имеет массу не более 125 кг.

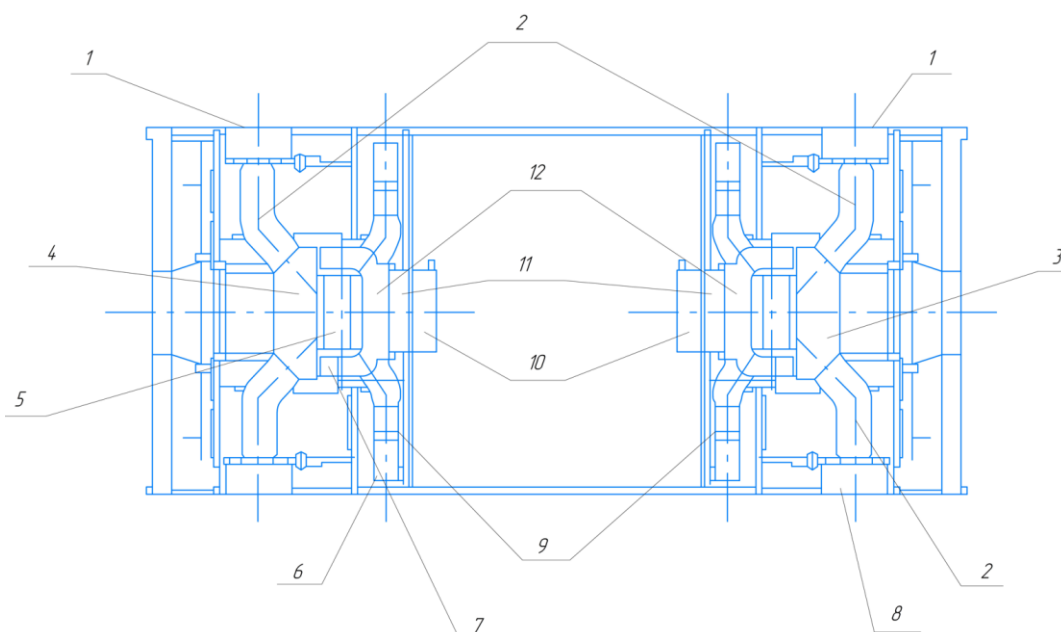


Рис. 2. Система отопления и вентиляции салонов с помощью ОВПУ

Составными частями отопительно-вентиляционной приточной установки (рисунок 2) являются: 1) жалюзи; 2) воздуховод наружного воздуха; 3) отопительно-вентиляционная приточная установка; 4) смесительная камера; 5) электрокалорифер; 6) вертикальный калориферный канал; 7) воздуховод рециркуляции; 8) воздухозаборная камера; 9) клапан АЗЕ-МФ 086-4,0-250×250; 10) клапан АЗЕ-МФ 086-4,0-150×750; 11) гибкий патрубок; 12) коллектор-распределитель.

Вся климатическая установка электропоезда ЭД9М работает в трех режимах:

- «Вентиляция»;
- «Прогрев»;
- «Отопление».

Общий принцип работы установки осуществляется путем всасывания воздуха из окружающей среды с помощью вентилятора через заборные жалюзи. В зависимости от температуры наружного воздуха, которая определяется с помощью датчиков, измеряющих внешнюю температуру воздуха, устанавливается один из трех положений заслонки «Зима», «Переходной режим», «Лето», далее по алгоритму происходит автоматическая регулировка от полученных сигналов температурных датчиков, расположенных в салоне электропоезда.

Управление системой осуществляется из кабины машиниста с помощью панели управления обогревом и вентиляций ПОУ – 5КМ, она позволяет управлять калориферами, режимами и положениями заслонок.

Хотя применяемая на электропоездах серии ЭД9М установка ОВПУ в современных реалиях уже во многом устарела, а именно не позволяет в достаточной степени обеспечивать салон электропоезда холодным воздухом, что в летний сезон является одним из важнейших критериев комфортности для пассажиров [4], все же установка ОВПУ – 2500 – 3000/628 – 25 – 01РЭ имеет, как ряд преимуществ, так и недостатков, которые нельзя не замечать.

Такими преимуществами можно отнести высокую надежность и долговечность самой установки, а также ее высокую устойчивость к любым условиям эксплуатации. Зимний сезон установка может обеспечивать стабильно-комфортную температуру для пассажиров, даже при критически низких температурах за счет достаточно мощной электрокалориферной системы отопления.

К минусам данной климатической установки можно отнести то, что при достаточно большой заполняемости вагона электропоезда пассажирами при эксплуатации в сезон высоких температур ОВПУ в недостаточной степени может обеспечивать качество воздуха в салоне согласно требованиям для комфортных перевозок, также в летний при пиковых значения температуры окружающего среды возможны перегревы системы, что может понизить ее эффективность. К негативным факторам можно отнести и тот факт, что установка способна накапливать посторонние запахи. В зимний период у климатической установки наблюдаются проблемы, связанные с обледенением забортных воздухозаборников и наружных датчиков температуры. Для обеспечения комфортных температур при нагревании салонного воздуха калориферными установками, влажность воздуха существенно снижается, что в свою очередь также является причиной снижения комфорта пребывания пассажиров в салоне электропоезда. [5]

Анализируя все плюсы и минусы данной климатической установки, можно сказать, что на момент внедрения в эксплуатацию на моторвагонном подвижном составе ОВПУ данного класса являлась рациональным техническим решением. Но в настоящее время она перестала отвечать критериям, которые характеризуют высокий показатель комфортности для пассажиров. Так как согласно СанПиН 2.5.1198-03 [6] температуры которые принято считать комфортными в летний период времени находятся в пределах до плюс 40°C с перепадом не менее 12°C, а при температуре до плюс 33°C перепад не менее 6, в зимний период для МВПС температура должна поддерживаться от 11°C до 15°C выше нуля. На основании требований СанПиН и технических возможностей ОВПУ можно сделать выводы, что данная климатическая установка, хоть и справляется с поддержанием указанного диапазона температур в зимний период, но при этом она не способна обеспечивать необходимые значения температур в летний сезон, когда средняя температура в регионах, где эксплуатируются поезда серии ЭД9М, в пике может достигать 40-43 градусов и выше [7-9].

Были проведены расчеты для определения значений необходимых для дальнейшего вычисления холодопроизводительности климатической установки, способной создавать и поддерживать параметры микроклимата в салоне электропоезда ЭД9М, обеспечивая высокий уровень комфорта перевозок пассажиров. [10, 11]

В первую очередь установка кондиционирования воздуха предназначена для поддержания комфортно-допустимых температур в салоне электропоезда. Комфорт при проезде подразумевает наличие следующих критериев:

- Температура в салоне в летний период времени должна находиться в пределах до плюс 40°C с перепадом не менее 12°C, а при температуре до плюс 33°C перепад не менее 6, при этом зимой разница температур должна варьироваться от 11 до 15°C;
- Влажность в вагоне не должна превышать 60%, но и не быть ниже 30%;

• Перепад температур по всему салону электропоезда не должен превышать значение 3°C.

При проведении расчетов, определяющих необходимую холодопроизводительность также были найдены необходимые параметры для получения итогового результата.

Для начала была найдена площадь всех элементов кузова F_i .

$$F_{кр} = 3522 \cdot 21550 = 75,9 \text{ м}^2,$$

$$F_{пол} = 3522 \cdot 21550 = 75,9 \text{ м}^2,$$

$$F_{ст} = 2900 \cdot 21550 = 62,5 \text{ м}^2,$$

$$F_{тор} = 3522 \cdot 2900 = 10,2 \text{ м}^2,$$

$$F_{ок} = 1134 \cdot 930 = 1,05 \text{ м}^2.$$

Данные значения были необходимы для нахождения фактического расчетного коэффициента теплоотдачи элементов $K_{пр}$ (факт), получение значение которого было равно 0,87 Вт/м² · К. В последствии данное значение помогло найти общий теплоприток, включая поступления тепла через ограждения кузова и тепловыделения внутри вагона Q_0 , где он составил 28854 Вт.

Определим температуру воздуха на выходе из воздухоохладительного агрегата $t_{п}$, °C:

$$t_{п} = t_{в} - \frac{Q_0}{C_p \cdot p \cdot (V_{н} + V_{р})}$$

где Q_0 – общий теплоприток, включая поступления тепла через ограждения кузова и тепловыделения внутри вагона, принимаем $Q_0 = Q_{изб}$, Вт;

$V_{н}$ – объем наружного воздуха при температуре $t_{н} = 34$ (среднее значение температуры воздуха для Ростова-на-Дону и Ростовской области за 2023-2024 год) принимаем $V_{н}=1000$ м³/ч

$V_{р}$ – объем рециркуляционного воздуха при температуре $t_{н} = 24$ принимаем $V_{р}=3000$ м³/ч

$$t_{п} = 24 - \frac{28854}{1,04 \cdot 1,29 \cdot (1000 + 3000)} = 19,6 \text{ °C}$$

Определим температуру смеси воздуха, поступающего в испаритель, $t_{см}$, °C:

$$t_{см} = \frac{V_{н}}{V_{н} + V_{р}} t_{н} + \frac{V_{р}}{V_{н} + V_{р}} t_{в} + \frac{Q_v}{C_p \cdot p (V_{н} + V_{р})}$$

где Q_v – мощность вентиляторов, кДж/ч. Принимаем за прототип установку СОМ.ТСП-56-РА3 у которой установлены 2 вентилятора суммарной мощностью 2,2 кВт или 7920 кДж/ч.

$$t_{см} = \frac{1000}{1000 + 3000} \cdot 34 + \frac{3000}{1000 + 3000} \cdot 24 + \frac{7920}{1,04 \cdot 1,29(1000 + 3000)} = 27,9 \text{ °C}$$

Рассчитаем сколько содержится влаги в смеси до охлаждения в испарителе $x_{см}$:

$$x_{\text{см}} = \frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{н}} + V_{\text{р}}} x_{\text{н}} + \frac{V_{\text{р}}}{V_{\text{н}} + V_{\text{р}}} \cdot \left[x_{\text{п}} + \frac{G_{\text{пар}}}{p(V_{\text{н}} + V_{\text{р}})} \right]$$

где $x_{\text{н}}$ – влагосодержание наружного воздуха принимаем равным 0,0188
 $x_{\text{п}}$ – влагосодержание рециркуляционного воздуха принимаем равным 0,0098

$$x_{\text{см}} = \frac{1000}{1000 + 3000} 0,0188 + \frac{3000}{1000 + 3000} \cdot \left[0,0098 + \frac{7,19}{1,29(1000 + 3000)} \right] = 0,0091$$

Влагосодержание воздуха в салоне $x_{\text{в}}$:

$$x_{\text{в}} = x_{\text{п}} + \frac{G_{\text{пар}}}{p(V_{\text{н}} + V_{\text{р}})}$$

$$x_{\text{в}} = 0,0098 + \frac{7,19}{1,29(1000 + 3000)} = 0,0112$$

Рассчитаем необходимую холодопроизводительность установки кондиционирования Q_x , Вт:

$$Q_x = p \cdot (V_{\text{н}} + V_{\text{р}}) \cdot (I_{\text{см}} - I_{\text{р}})$$

где $I_{\text{р}}$ – значение энтальпии воздуха, значение которой принимаем равное 50 кДж/кг;
 $I_{\text{см}}$ – значение энтальпии воздушной смеси принято для данной установки равным 55,96 кДж/кг

$$Q_x = 1,29 \cdot (1000 + 3000) \cdot (55,96 - 48) = 41073,6 \text{ Вт} \approx 41,3 \text{ кВт.}$$

По итогам расчет можно сделать вывод что для охлаждения салона электропоезда серии ЭД9М, требуемая холодопроизводительность должна быть не меньше расчетного значения равного $Q_x = 41,3$ кВт.

Исходя из полученных данных и анализируя наличие на рынке компаний занимающихся производством систем обеспечения микроклимата, имеет место сравнение и выбор систем, наиболее подходящих по ряду критерий и возможности их внедрения.

На основании теоретических расчетов, проведенных в ходе выпускной квалификационной работе полученное значение необходимой холодопроизводительности установки кондиционирования должно составлять не менее 41,3 кВт. Данное значение является минимально допустимым, при выборе установки обеспечения микроклимата салонов электропоезда ЭД9М.

Установки, которые были приняты, как максимально подходящие, являются продуктом группы компаний «Ключевые Системы и Компоненты» (ГК КСК) созданная в 2017 году и входящая в холдинг «Транскомпонент». Опираясь на данные указанные на сайте компании, она предоставляет возможность адаптации под требования заказчика, что может поспособствовать облегчению процесса внедрении современных систем обеспечения микроклимата в электропоезд ЭД9М, тем самым упрощая процесс модернизации.

Первая из установок которая может является заменой, установленной в настоящее время ОВПУ – 2500 – 3000/628 – 25 – 01РЭ, является СОМ.ТС-48-ЭС2Г (рисунок 3)

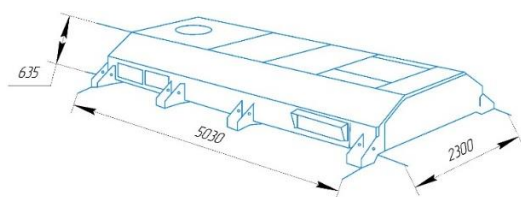


Рис. 3. Система обеспечения микроклимата салонов СОМ.ТС-48-ЭС2Г

Основные технические характеристики:

- Холодопроизводительность – 48 кВт;
- Теплопроизводительность – 62 кВт;
- Напряжение питания – 3 АС 400 В 50Гц;
- Хладагент – R134a;
- Масса – 1200 кг.

Пример второй установки и наиболее подходящей является СОК.ГЭП, Система обеспечения климата городского электропоезда СОК ГЭП предназначена для поддержания требуемых параметров микроклимата в салонах вагонов городского электропоезда ЭГ2 «Иволга» (рисунок 4).

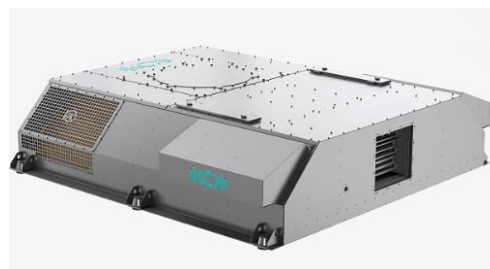
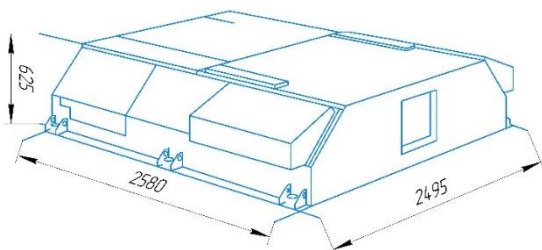


Рис. 4. Система обеспечения микроклиматом СОК ГЭП

Основные технические характеристики:

- Холодопроизводительность – 56 (28·2) кВт;
- Теплопроизводительность – 60 (30·2) кВт;
- Напряжение питания – 3 АС 380 В 50 Гц,
- Хладагент – R407с;
- Масса – 1015 (507,5·2)

Наиболее рациональной системой микроклимата для модернизации электропоезда ЭД9М может являться СОК.ГЭП в отличие от СОМ.ТС-48-ЭС2Г. Основным критерием при выборе является конструкционная особенность первой установки, которая располагается в двух тамбурах одного вагона, по примеру эксплуатируемой на данный момент ОВПУ – 2500 – 3000/628 – 25 – 01РЭ, что в отличие от СОМ.ТС-48-ЭС2Г, которая в случае внедрения будет размещаться в одной из частей вагона, тем самым нарушая развеску вагона. Также к плюсам установки СОК.ГЭП можно отнести более высокую холодопроизводительность, что в свою очередь позволит обеспечить работу системы не в максимальную мощность, но достигать необходимых параметров температур за более короткий промежуток времени.

Библиографический список

1. Стратегия научно-технического развития холдинга РЖД на период до 2025 года и на период до 2030 года (Бела книга): [утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 17.04.2018 №769/р.
2. Романов, Д. И. (2019). «Основы проектирования систем вентиляции и кондиционирования в подвижном составе». Учебник для вузов. Москва: Высшая школа. – 350 с.
3. Жариков, В. А. «Климатические системы пассажирских вагонов». М: ТРАНСИНФО, 2006. 1 35 с.
4. Сачков, В. И., Кузнецов, А. В. (2020). «Современные подходы к обеспечению комфорта пассажиров в электро- и дизельподвижном составе». Москва: Транспорт. – 240 с.
5. ГОСТ 33463.1-2015 «Системы жизнеобеспечения на железнодорожном подвижном составе. Часть 1. Методы испытаний по определению параметров микроклимата и показателей эффективности систем обеспечения микроклимата». 20 16-65с.
6. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 04.03.2003 N 12 (ред. от 10.06.2016) "О введении в действие "Санитарных правил по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте СП 2.5.1198-03" (вместе с "СП 2.5.1198-03. 2.5. Гигиена и эпидемиология на транспорте. Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. Санитарно-эпидемиологические правила", утв. Главным государственным санитарным врачом РФ (03.03.2003)
7. Дайлидко А. А., Ветров Ю. Н., Брагин А. Г. Конструкция электропоездов и электропоездов: учеб. пособие. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. — 348 с.
8. Ковалев, М. Н. (2021). «Электропоезда ЭД9М: проектирование, эксплуатация и модернизация». Санкт-Петербург: Издательство РЖД. – 280 с.
9. Ананьев В. А., Балужева Л. Н., Гальперин А. Д., и др. «Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика». Учебное пособие – М.: «Евроклимат», издательство «Арина», 2000 –416с.
10. Ворон, О. А. Хладотранспорт и основы теплотехники// О. А. Ворон и др./ Монография: ФГБУ ДПО УМЦ ЖД, 2019. – 360 с.
11. Баланов, И. А. Статистический анализ параметров микроклимата кабин автотрис / И. А. Баланов, И. А. Яицков // Обеспечение безопасности: производственной, пожарной, экологической: Материалы I Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 12–13 декабря 2023 года. – Ростов-на-Дону: Индивидуальный предприниматель Беспаятнов Сергей Владимирович, 2023. – С. 53-55. – EDN OHRZPI.

A. V. Illarionov, P. Y. Konovalov, N. V. Talakhadze, A. B. Bakhtin, S. S. Popuzina

MODERNIZATION OF THE MICROCLIMATE CONTROL SYSTEM FOR ELECTRIC TRAINS OF THE ED9M SERIES

Abstract. In this article, the problem of the lack of modern systems for providing the microclimate of trains in electric trains of the ED9M series was considered. Calculations were also presented, on the basis of which it is possible to modernize the presented rolling stock in order to improve the quality of passenger travel. Modern systems that can be implemented in this series of electric trains are proposed.

Keywords: electric railway transport, motor-car rolling stock, electric trains, ED9M, modernization, microclimate system, cooling capacity, heat calculation.

For citation: Modernization of the Microclimate Control System for Electric Trains of the ED9M Series / A. V. Illarionov, P. Y. Konovalov, N. V. Talakhadze at al.

// Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. 2025. – № 1. – P. 94– 101.

Сведения об авторах**Илларионов Алексей Викторович**

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
доцент,
e-mail: burjuy1981@mail.ru

Коновалов Павел Юрьевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
кандидат технических наук,
доцент,
e-mail: pashafromru@yandex.ru

Талахадзе Наталья Владимировна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
ассистент,
e-mail: llh@rgups.ru

Бахтин Аким Александрович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
студент,
e-mail: akimbahtin@yandex.ru

Попузина Софья Станиславовна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
Техникум РГУПС,
студент,
e-mail: popfoxsofa@gmail.com

Information about the authors**Illarionov Alexey Viktorovich**

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Associate Professor,
e-mail: burjuy1981@mail.ru

Konovalev Pavel Yurievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: pashafromru@yandex.ru

Talakhadze Natalia Vladimirovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Assistant,
e-mail: llh@rgups.ru

Bakhtin Akim Alexandrovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Student,
e-mail: akimbahtin@yandex.ru

Popuzina Sofya Stanislavovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Technical school RSTU,
Student,
e-mail: popfoxsofa@gmail.com

УДК 629.4 : 621.791 + 06

*Л. А. Кармазина, В. Н. Кротов***НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ЛЮЛЕЧНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА¹**

Аннотация. Статья посвящена исследованию причин преждевременного выхода из эксплуатации некоторых ответственных деталей электровозов, а также вопросы технологии их изготовления. Даются рекомендации по изменению технологии изготовления и по увеличению срока службы деталей. Особое внимание посвящено разработке технологии восстановления стержней люлечного подвешивания. Так как перед машиностроением поставлена задача повышения прочности деталей машин, повышения долговечности их и надежности, то одним из путей ее решения является задача применения новых материалов. Необходимость повышения эксплуатационных скоростей, необходимость снижения веса конструкции, увеличение сроков эксплуатации, снижение себестоимости – все это требует совершенствования технологии производства, методов расчета и конструирования.

Ключевые слова: электровоз, тележка, люлечное подвешивание, надежность, долговечность.

Для цитирования: Кармазина, Л. А. Надежность и долговечность деталей люлечного подвешивания подвижного состава / Л. А. Кармазина, В. Н. Кротов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 102 – 106.

Противоречащим требованием увеличения мощности и уменьшения размеров (веса) можно удовлетворить, либо создавая новые, более прочные и жесткие материалы, либо эффективнее используя прочность и жесткость имеющихся материалов. Первая из этих возможностей относится к области технологии, вторая является основной задачей конструирования механизмов и машин.

Электроподвижной состав, эксплуатирующийся в сложных условиях, т.е. в условиях работы при пониженных температурах, требует резкого повышения стойкости против хрупкого разрушения деталей узлов и агрегатов электровоза, так как резко возрастает опасность хрупкого их разрушения. При создании конструкции деталей и узлов электровоза и проводя их прочностные испытания, есть острая нужда в металлографических исследованиях для решения пригодности того или иного материала для данной конструкции. Предлагаемое исследование является началом больших металлографических испытаний деталей люлечного подвешивания (рис. 1). Вертикальная нагрузка через тарелку, стержень, пружину, регулировочные прокладки, фланец стакана и верхний шарнир, передается посредством кронштейна на раму тележки.

Шарниры люлечной подвески обеспечивают колебательное движение стержня, вызванное горизонтальными поперечными перемещениями кузова и поворотом тележки относительно кузова [1-8].

Поверхности трения стержня и стакана облицованы износостойкими втулками, изготовленными из высокомарганцовистой стали марки 110Г13Л по ГОСТ 977-88. Люлечная подвеска имеет страховочный трос, который предотвращает падение деталей нижнего шарнира при обрыве стержня.

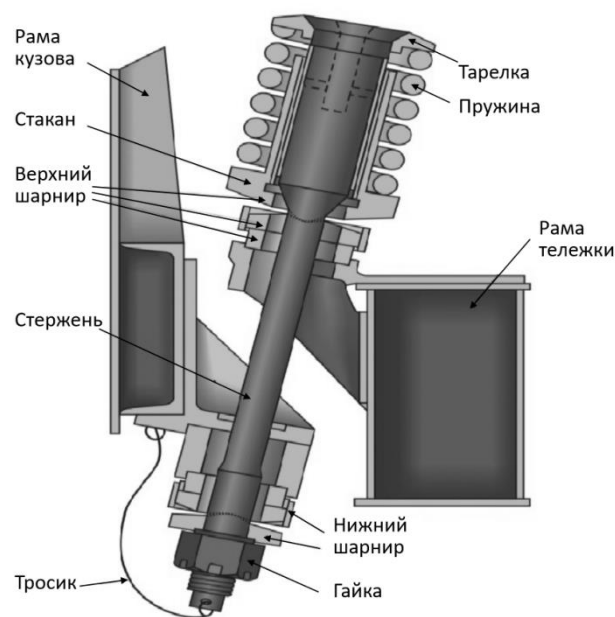


Рис. 1. Схема люлечного подвешивания электровоза

На первом этапе проводилось исследование причин разрушения пружин, которые достаточно часто выходят из строя в процессе эксплуатации. Согласно технологической инструкции ПКБ ЦТ.25.0130 «Техническое обслуживание и ремонт люлечного подвешивания электровозов», пружины люлечного подвешивания, изготовленные из стали 60С2ХФА, должны выдерживать статическую нагрузку на пружину не менее 68,7 кН (7000кгс) при жёсткости 893 Н/мм (91кгс/мм).

Исследованию подвергался представленный после эксплуатации и выхода из строя фрагмент излома пружины. На рис. 2 и 3 показан его общий вид. По внешнему виду излома, как визуально, так и при небольшом увеличении с помощью лупы, явно просматривается хрупкий излом по всей площади разрушения. Это даёт право считать, что разрушение происходило либо мгновенно, либо за счёт роста трещины в течение сравнительного короткого промежутка времени.



Рис. 2. Общий вид фрагмента излома пружины



Рис. 3. Вид с внешней стороны излома

Хрупкое разрушение обуславливается многими факторами: химическим составом, величиной зерна, термической обработкой, наклепом, выделением карбидов по границам зерен, выделением интерметаллидных соединений, температурой, масштабным фактором и целым рядом других причин.

В настоящем исследовании рассматривается влияние качества поверхности на возможность образования хрупкого разрушения.

Для исследования структуры металла в зоне эпицентра разрушения из фрагмента пружины вырезан образец для микрошлифа, место выреза показано на рис. 2 стрелкой.

После травления реактивом Ржешотарского (4%-й раствор HNO_3 в спирте) выявлено, что структура мелкозернистая, троостито-сорбитная с небольшими включениями остаточного аустенита, переходящего вглубь пружины в сорбитную структуру.

По методу Роквелла проведено испытание на твердость строчкой через 1,5 мм. Поверхностная твердость составляет 43HRC. К центру твердость неравномерно падает до 25HRC. Твердость определялась радиально по трем строчкам. Результаты испытания темплета пружины на твердость показали резкие перепады в значениях твердости, что возможно свидетельствуют о нарушении режима термической обработки пружины.

Для выявления поверхностной трещины с верхней части фрагмента пружины вырезан второй образец по линии А-А (см. рис. 2). По окончании вырезки образец раскололся на две части. Этот факт свидетельствует о том, что продольная (с внешней стороны пружины) микротрещина существовала. Обнажившийся излом также хрупкий (рис. 4). Общеизвестно, что концентраторами напряжений могут явиться любые поверхностные дефекты.



×5

Рис. 4. Излом расколовшейся части фрагмента пружины

На рис. 5 показана поверхность прутка пружины со следами дробеструйной обработки и заметные коррозионные повреждения.

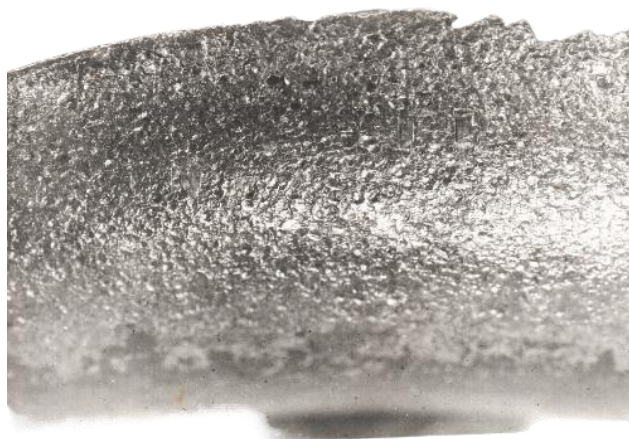


Рис. 5. Внешний вид поверхности пружины

На основании металлографического исследования можно сформулировать выводы и рекомендации.

Наличие поверхностных микротрещин, полученных как при прокатке прутка, так и при термической обработке пружины, послужило образованию концентраторов напряжений. Вследствие чего под действием знакопеременных нагрузок, не превышающих предел текучести и произошёл хрупкий излом.

Для контроля качества исходного материала для изготовления пружин и увеличения срока службы последних необходимо в технологию изготовления пружин включить входной контроль прутков на выявление поверхностных дефектов, а пружинам после полной термической обработки производить, хотя бы выборочные стендовые испытания при максимальной знакопеременной нагрузке, что даёт возможность выявить закалочные дефекты. Строго контролировать режим термической обработки. Закалку пружин рекомендуется проводить с отдельного режима.

Библиографический список

1. **Губарев, П. В.** Моделирование боковых колебаний жёсткой двухосной тележки подвижного состава на прямом участке пути / П. В. Губарев, И. В. Больших, А. С. Шапшал // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 5. – С. 514-518. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-5-514-515. – EDN LDIUYZ.
2. **Губарев, П. В.** Метод расчёта надёжности локомотивов после текущих ремонтов / П. В. Губарев, И. В. Больших, А. С. Шапшал // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2023. – № 10. – С. 446-450. – DOI 10.36652/0202-3350-2023-24-10-446-450. – EDN FUBFGG.
3. **Губарев, П. В.** Исследование боковых колебаний жёсткой двухосной тележки на прямом участке пути / П. В. Губарев, А. С. Шапшал, А. Д. Глазунова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 2. – С. 544-546. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-2-544-547. – EDN KXVDYK.
4. **Губарев, П. В.** Расчет надёжности локомотивов в эксплуатации / П. В. Губарев, А. С. Шапшал, И. В. Больших // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 5. – С. 290-293. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-5-290-291. – EDN MOYNAV.
5. Исследование колебаний системы с переменной жёсткостью / И. А. Яицков, Б. А. Шемшура, А. С. Личковаха, С. А. Кузнецов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 8. – С. 215-222. – DOI 10.24412/2071-6168-2021-8-215-222. – EDN YXHGV D.
6. **Маклаков, С. Ф.** Использование свойств материалов для обеспечения безопасной эксплуатации транспортных средств / С. Ф. Маклаков, В. А. Мишин, И. А. Яицков

// Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 1. – С. 501-508. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-1-501-502. – EDN MUXEES.

7. **Бобриков, Ю. В.** Механизм управления химическим составом наплавленного металла с использованием керамических флюсов / Ю. В. Бобриков, С. Ю. Волобуев, Ю. С. Волобуев, Н. Н. Потапов, Г. В. Даровской // Сварочное производство. 2023. № 3. С. 30-35. – DOI 10.34641/SP.2023.1060.3.022.

8. **Кармазина, Л. А.** Оценка технологичности сварных деталей электровозов / Л. А. Кармазина, В. Н. Кротов, И. В. Плискин [и др.] // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1(66). – С. 21-25. – EDN GSKWVF.

L. A. Karmazina, V. N. Krotov

RELIABILITY AND DURABILITY OF ROLLING STOCK CRADLE SUSPENSION PARTS

Abstract. The article is devoted to the study of the causes of premature decommissioning of some critical parts of electric locomotives, as well as issues of their manufacturing technology. Recommendations are given on changing the manufacturing technology and increasing the service life of parts. Special attention is devoted to the development of technology for the restoration of cradle suspension rods. Since mechanical engineering is tasked with increasing the strength of machine parts, increasing their durability and reliability, one of the ways to solve it is the task of using new materials. The need to increase operational speeds, the need to reduce the weight of the structure, increase service life, reduce cost – all this requires improving production technology, calculation and design methods.

Keywords: electric locomotive, trolley, cradle suspension, reliability, durability.

For citation: Karmazina, L. A. Reliability and Durability of Rolling Stock Cradle Suspension Parts / L. A. Karmazina, V. N. Krotov // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 102 – 106.

Сведения об авторах

Кармазина Людмила Алексеевна
Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Технология металлов»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Кротов Владимир Николаевич
Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Технология металлов»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Information about the authors

Karmazina Lyudmila Aleekseevna
Rostov State Transport University (RSTU)
Char «Technology of Metals»
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
E-mail: tehn_met@rgups.ru

Krotov Vladimir Nikolaevich
Rostov State Transport University (RSTU)
Char «Technology of Metals»
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
E-mail: tehn_met@rgups.ru

УДК 629.4.06

*П. Ю. Коновалов, Ю. П. Булавин, И. В. Прасол, А. С. Лопатка***РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПОПАДАНИЯ ИНОРОДНЫХ ПРЕДМЕТОВ
В ПЕСОЧНУЮ СИСТЕМУ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТЯГОВЫХ СВОЙСТВ
ПАССАЖИРСКИХ ЛОКОМОТИВОВ¹**

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы необходимости подачи песка под движущие колеса локомотивов и факторы, влияющие на надежность и исправность работы песочных системы. Так же представлен анализ того, как происходит воздействие воздушной среды на элементы экипажной части подвижного состава при движении поезда. Выявлены возможные причины закупоривания песочных труб. Предложено устройство запорного механизма с дистанционным управлением и необходимое оборудование для исключения случаев попадания инородных предметов в подсыпные рукава песочной системы локомотивов различного типа и назначения.

Ключевые слова: коэффициент сцепления, климатические условия, песочная система, закупоривание песочных труб, запорные устройства, подсыпной рукав.

Для цитирования: Разработка системы контроля попадания инородных предметов в песочную систему для улучшения тяговых свойств пассажирских локомотивов/ П. Ю. Коновалов, Ю. П. Булавин, И. В. Прасол, А. С. Лопатка // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 107 – 112.

При движении подвижного состава в условиях способствующим снижению сцепления, таким как, увлажненные или покрытые снегом рельсы, кривые участки пути и затяжные подъемы, коэффициент сцепления может достигать минимальных значений, вследствие чего движущие колеса тягового подвижного состава могут проскальзывать, что приводит к негативным последствиям и дорогостоящему ремонту. В первую очередь происходит износ материалов рельса и колесных бандажей. Способом предотвращения и снижения боксования, является применение бортовых противобуксовочных систем, которые способствуют снижению тягового момента путем уменьшения скорости вращения колесных пар, а также применения системы пескоподдачи для повышения величины коэффициента сцепления в зоне контакта колес локомотивов с рельсами [1]. Снижение скорости поезда является недопустимым фактором, так как приводит к нарушению графика движения.

Для повышения коэффициента сцепления применяют подачу песка на поверхность рельса под колесную пару бортовой пневматической системой пескоподдачи. Песок под колесную пару должен подаваться просеянный и сухой, с частицами определенного размера [2]. Существует большое количество конструкций по исполнению систем подачи песка на тяговых единицах. Однако, они состоят из основных компонентов – это, песочные бункера, форсунки, пескопровод, подсыпной рукав и концевые насадки на рукав позволяющие правильно скорректировать подачу песка в зону контакта колес с рельсами.

На основе опыта эксплуатации тягового подвижного состава, было установлено, что в наихудших условиях по сцеплению находится первая по ходу движения колесная пара, потому что проходит по наиболее влажным и загрязненным рельсам в отличие от

последующих колес [3], исходя из этого более эффективно подавать песок под первую колесную пару по направлению движения локомотива, при этом подсыпные трубы необходимо располагать без изгибов и острых углов. Это поможет избежать накопления песка и его слеживания, что может привести к частичной или полной закупорке пескопровода.

Регулировка форсунок песочниц на подачу песка реализуется с разным количеством в единице времени, с максимальным под первую и с уменьшением под последующие колесные пары, с целью реализации экономичного режима расхода песка, так как частица песка остаются на поверхности рельса и попадают под последующие по ходу движения колеса локомотива. Из опыта эксплуатации установлено, что при трогании состава с места особое внимание необходимо уделять подаче под первую «лимитирующую по сцеплению» колесную пару, так как происходит перераспределение веса на заднюю часть локомотива. Избыточная подача песка при низких скоростях движения и при полной остановке поезда может оказаться причиной того, что колесные пары оказавшись на слое частиц песка, препятствуют прохождению электрического сигнала, поступающего на локомотивную сигнализацию, и показания локомотивного светофора сбиваются и искажаются, а также в некоторых случаях данный факт являются срабатыванием «ложной свободности» на блок участке железнодорожного перегона. Если одиночный локомотив остановлен с применением песка на участке с автоблокировкой или на станции с электрической централизацией, то после остановки необходимо съехать на чистые рельсы. В случаях экстренного торможения подача песка прекращается при скорости 10 км/ч.

Несмотря на то, что многие элементы системы подачи песка постоянно подвергаются усовершенствованию и модернизации для повышения надежности путем устранения проблем, выявленных в процессе эксплуатации, существует ряд неисправностей препятствующей нормальной работе данных систем. К характерным отказам пескоподдачи можно отнести: полное или частичное закупоривание пескопроводящих труб, комкование и слеживание увлажненного песка в бункерах и в корпусе форсунок песочниц, уменьшенная скорость подачи песка на поверхность рельса вследствие увлажнения и комкования песка в песочном рукаве, сдувание песка боковым ветром вследствие несвоевременной регулировки насадки песочного рукава и низкой скорости истечения песковоздушной смеси за счет конструктивных особенностей систем. Данные виды отказа влияют на эффективность применения системы пескоподдачи и на тяговые свойства локомотивов в целом.

Для повышения надежности систем пескоподдачи в песочных бункерах применяют системы разрыхления песка, таких как шнековые и лопаточные ворошилки [4], а также пневматическим способом, за счет подвода сжатого воздуха в слой песка, расположенного в бункере [5]. На тяговом подвижном составе в настоящее время стали оборудовать песочные бункеры различными системами определения уровня и увлажненности запаса песка на локомотиве [6].

При движении на локомотив воздействует сила сопротивления движения поезда, направленная против движения [7-9]. Перед ним образуется зона сжатого воздуха, которое оказывает встречное давление на лобовую стенку и крышу локомотива, соприкасаясь со струями скользящего по ним воздуха, увлекают часть потока за собой, за счет трение частиц воздуха о стенки локомотива и между собой. В пространстве под локомотивом и у выступающих частей экипажной части создаются турбулентные завихрения воздушного потока. Это явление создает силы сопротивления воздушной среды [10].

Следуя выше сказанного, при движении локомотива всегда задействованы песочные трубы, расположенные по ходу движения колесной пары каждой тележки, а песочные трубы, направленные встречно движению локомотива, остаются не задействованы.

В зимних климатических условиях потоки встречной среды захватывают частички снега и попадают в песочные трубы локомотива, направленные против движения, способствуя частичному или полному закупориванию пескоподающих труб, особенно это распространено во время мокрого снега.

Согласно «Правилам технической эксплуатации железных дорог» на магистральных путях запрещается эксплуатация тяговые единицы в состав поезда имеющие неисправность системы подачи песка [11].

При приемке локомотива и смене направления движения локомотивная бригада должна проверить подачу песка под все колесные пары локомотива, для устранения засорения локомотивная бригада должна прочищать песочные трубы, если трубы были закупорены льдом или снегом прочистить их путем остукивания молотком.

Исходя из этого песочная система должна быть исправна во время движения локомотива, учитывая, что движение поезда может происходить безостановочно, при изменении климата возможно закупоривание песочных труб локомотива направленных против движения. Контроль неисправности песочных труб возможен только при остановке и осмотре поезда.

Для решения поставленной задачи по предотвращению в процессе эксплуатации таких отказов, как частичное и полное закупоривание пескоподающих труб, предлагается разработка системы закрытия песочных труб и дистанционного управления с пульта машиниста.

Запорная арматура в технических устройствах играют важную роль, основное назначение – это регулировка подачи транспортируемого вещества либо полное ее прекращение. Запорная арматура применяется во всех сферах промышленности трубопроводной, газовой, нефтяной, а также применяется в конструкции подвижного состава в системе охлаждения, масляной и топливной системах. К запорным устройствам относятся задвижки, вентили, шаровые краны, поворотные затворы.

Для разработки системы предотвращения попадания инородных тел в систему подачи песка, рационально применить запирающее устройство выхлопной трубы, широко применяемые на грузовом и городском автотранспорте с вертикальным расположением выхлопной системы отработанных газов (Рис.1). Конструктивные особенности данного запирающего устройства позволяют легко его модернизировать и установить в систему подачи песка.



Рис. 1. Запирающее устройство выхлопной трубы

Для управления запирающим устройством предлагается применение пневматического цилиндра с односторонней подачей воздуха.

Работа запирающего устройства следующая: положение заслонки нормально открыто, при появлении сжатого воздуха в питательной системе локомотива, заслонка автоматически закрывается, при необходимости подачи песка срабатывает электропневматический вентиль в системе питания пневмоцилиндра, тем самым подача сжатого воздуха прекращается, запирающее устройство открывается усилием притягивающей пружины пневмопривода (Рис.2).

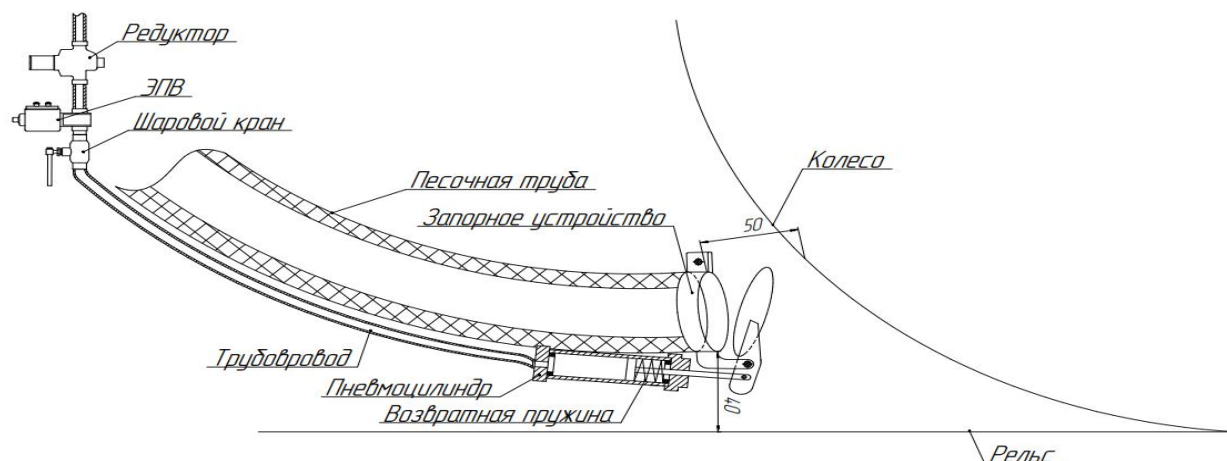


Рис. 2. Схема установки запорного устройства подсыпного рукава

Давление сжатого воздуха в питательной магистрали локомотива находится в диапазоне до 0,9 МПа, с целью понижения давления до требуемого пневмоцилиндром, необходимо в пневматическую магистраль установить редуктор регулирования давления сжатого воздуха.

Для дистанционной работы устройства необходим электропневматический вентиль. Открытие вентилей происходит при получении электрического сигнала 110 В на катушку возбуждения от бортовой системы питания цепей управления.

Установка шарового крана необходима на случай неисправности приборов управления пневмоцилиндром и аварийных утечек питающего трубопровода. Перекрытие краном подачу воздуха к пневмоцилиндру, запирающее устройство подсыпного рукава будет находиться в открытом положении за счет выпуска сжатого воздуха из корпуса пневматического цилиндра и перемещения штока с помощью возвратной пружины. Нормально открытое положение запирающего устройства подсыпного рукава позволяет беспрепятственно реализовать подачу песка под движущие колеса локомотива даже при аварийном состоянии питающей магистрали и приборов управления пневмоцилиндром.

В данной схеме автоматического запирания песочной трубы применены уже существующие устройства, что уменьшает стоимость создания данной конструкции, а также унифицированы по входным и выходным отверстиям для удобства сборки и замены неисправных приборов. Модернизация локомотивов по установке предлагаемой системы контроля и предотвращения попадания инородных предметов в песочную систему может быть реализована на базе локомотивного депо, что существенно упрощает внедрение данной системы и способствует повышению надежности работы пневматической системы пескоподдачи и тяговых свойств локомотивов в целом.

Библиографический список

1. Памятка локомотивной бригаде «По недопущению боксования колесных пар локомотива»: [утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 1 марта 2013 г. № ЦТ-34р] // ГАРАНТ. Информационно-правовое обеспечение. URL: <https://base.garant.ru/70614380> (дата обращения: 03.10.2024).
2. Технические требования "Песок для песочниц локомотивов, следующих по территории государств - участников Содружества": [утверждены Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества от 4 - 5 ноября 2015 г. N 63] (приложение 20 к Протоколу 63 заседания Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества). Информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/71286758> (дата обращения 03.10.2024).

3. **Коновалов, П. Ю.** Совершенствование пневматических систем пескоподдачи локомотивов и улучшение их эксплуатационных показателей: диссертация ... кандидата технических наук: 2.9.3. / Коновалов Павел Юрьевич; [место защиты: ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»; Диссовет Д 218.010.Хх (44.2.005.03)]. - Ростов-На-Дону, 2023. - 265 С.: Ил.

4 Патент SU1418133 A1, МПК B61C 15/10. Песочница локомотива / Ю. И. Осенин, А. Л. Голубенко, В. П. Ткаченко [и др.]. – № 4200809; заявл. 26.02.1987; опубл. 23.08.1988, Бюл. № 31. – 2 с.

5. Скоростной электропоезд ЭС1 «Ласточка» / А. Ю. Слизов, А. Г. Брагин, В. О. Ивашенко, А. В. Ширяев, М. В. Матвеев. – Москва: ФГБУ ДПО «Учебно – методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. – 236 с. – ISBN 978-5-9070055.

6. Patent CN103072584A, Int. C. B61C 15/10. Sand spreading system for light rail vehicle – № CN201310015577.5; filed 16.01.2013; published 01.05.2013. – 10 p.

7. **Устемирова, Р. С.** Возбудители колебаний и вопросы возмущения подвижного состава от состояния пути / Устемирова Р. С., Кайнарбеков А. К., Каспакбаев К. С // Промышленный транспорт Казахстана. – Алматы, 2020. – №2(67). – С. 66-71.

8. Исследование колебаний системы с переменной жёсткостью / И. А. Яицков, Б. А. Шемшура, А. С. Личковаха, С. А. Кузнецов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 8. – С. 215-222. – DOI 10.24412/2071-6168-2021-8-215-222. – EDN YXHGVVD.

9. **Маклаков, С. Ф.** Использование свойств материалов для обеспечения безопасной эксплуатации транспортных средств / С. Ф. Маклаков, В. А. Мишин, И. А. Яицков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 1. – С. 501-508. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-1-501-502. – EDN MUXEES.

10. **Шапшал, А. С.** Учебно-методический комплекс специализации «Локомотивы»: учеб. пособие в 3 ч. ч. I / А. С. Шапшал, А. Е. Богославский, М. К. Григорьянц [и др.]; под ред. А. С. Шапшала; ФГБОУ ВПО РГУПС. – Ростов Н/Д, 2015. – 118 С.: Ил.

11. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации [утверждены приказом Минтранса РФ от 23.06.2022 № 250] // Официальный интернет-портал информации. – URL: www.pravo.gov.ru (дата обращения 23.10.2024).

P. Y. Konovalov, Y. P. Bulavin, I. V. Prasol, A. S. Lopatka

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR CONTROLLING THE INGRESS OF FOREIGN OBJECTS INTO THE SAND SYSTEM TO IMPROVE THE TRACTION PROPERTIES OF PASSENGER LOCOMOTIVES

Abstract. This article discusses the need to supply sand to the driving wheels of locomotives and the factors affecting the reliability and serviceability of the sand system. An analysis of how the air environment affects the elements of the carriage part of the rolling stock during train movement is also presented. Possible causes of blockage of sand pipes have been identified. A remote-controlled locking mechanism and the necessary equipment are proposed to prevent foreign objects from entering the sand hoses of locomotives of various types and purposes.

Keywords: coefficient of adhesion, climatic conditions, sand system, clogging of sand pipes, shut-off devices, filling sleeve.

For citation: Development of a system for controlling the ingress of foreign objects into the sand system to improve the traction properties of passenger locomotives / P. Y. Konovalov, Y. P. Bulavin, I. V. Prasol, A. S. Lopatka // Trudy

Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025.
– № 1. – P. 107– 112.

Сведения об авторах**Коновалов Павел Юрьевич**

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
кандидат технических наук,
доцент,
e-mail: pashafromru@yandex.ru

Булавин Юрий Павлович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
кандидат технических наук,
доцент,
e-mail: yp@bulavin.org

Прасол Игорь Владимирович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
студент,
e-mail: prasol.1999@mail.ru

Лопатка Алина Сергеевна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
студент,
e-mail: lopatka7alya@mail.ru

Information about the authors**Kononov Pavel Yurievich**

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: pashafromru@yandex.ru

Bulavin Yuri Pavlovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Cars and Car Economy»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: yp@bulavin.org

Prasol Igor Vladimirovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Student,
e-mail: prasol.1999@mail.ru

Lopatka Alina Sergeevna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Student,
e-mail: lopatka7alya@mail.ru

УДК 539 + 06

*А. С. Личковаха, А. В. Донченко***УГЛОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ В РЕССОРНОМ ПОДВЕШИВАНИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА¹**

Аннотация. В ходе исследования изучено влияние восстанавливающего момента на характер угловых колебаний различных систем. Установлено, что зависимость восстанавливающего момента от обобщённой координаты (угла поворота) может быть, как линейная, так и нелинейная, в зависимости от использования различных упругих связей. Исследование свойств восстанавливающего момента, который определяет силу, возвращающую объект в исходное положение, открывает возможность получить желаемую регрессивно-прогрессивную характеристику объектов с упругими связями, которая определяет процесс демпфирования системы.

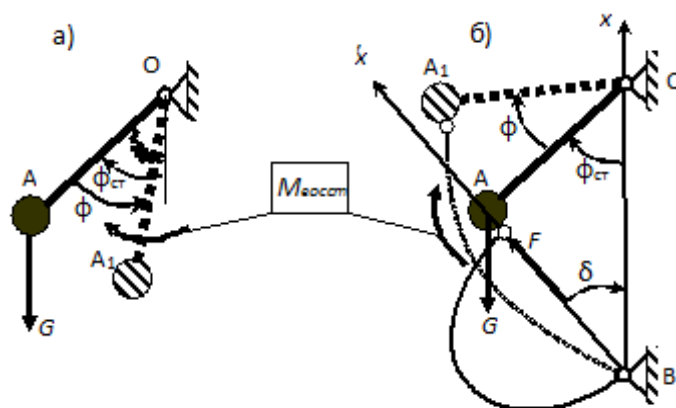
Ключевые слова: колебания, подвешивание подвижного состава, демпфирующий элемент, упругий элемент с переменной жесткостью, регрессивно-прогрессивная характеристика, стержень большой гибкости.

Для цитирования: Личковаха, А. С. Угловые колебания нелинейных упругих систем в рессорном подвешивании подвижного состава / А. С. Личковаха, А. В. Донченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 113 – 116.

Тип колебаний объектов с упругими связями зависит от свойств восстанавливающего момента, который определяет силу, возвращающую объект в исходное положение. Если зависимость восстанавливающего момента от обобщённой координаты (угла поворота) линейная, колебания будут гармоническими, то есть будут описываться синусоидальной функцией. В других случаях, когда эта зависимость нелинейная, колебания становятся ангармоническими, их форма становится более сложной. Угловая жёсткость системы, которая характеризует сопротивление системы деформации, напрямую зависит от восстанавливающего момента и определяет характер её колебаний. В современной технике часто требуется создавать системы с определённой жёсткостью, например, в транспортных подвесках для обеспечения комфортной езды.

Угловые колебания систем, типа математического маятника, при больших отклонениях от положения равновесия совершают нелинейные колебания с большими амплитудами. Амплитуды колебаний можно уменьшить, присоединив к маятнику упругую связь в виде пружины с постоянной угловой жесткостью (рис. 1, а), или упругий стержень большой гибкости, жёсткость которого изменяется в процессе его деформации (рис. 1, б). Теория таких расчета таких стержней рассмотрена в работах [1]. Известно [2, 3], что при малых колебаниях упругий стержень большой гибкости имеет восстанавливающий момент, который изменяется практически пропорционально углу отклонения маятника от положения равновесия, т.е. колебания с малой амплитудой можно считать линейными. Но при больших колебаниях, когда угловые перемещения необходимо погасить за небольшой промежуток времени силами сопротивления системы стержень большой гибкости изменяя свою жесткость создает нелинейный восстанавливающий момент.

Цель работы – исследовать угловые колебания маятника, имеющего упругую связь с постоянной (рис. 1, а) и переменной (рис. 1, б) жёсткостью.



Восстанавливающий момент при колебаниях на рис. 1, а определяется по формуле

$$M_{восст}^a = c \cdot \varphi - G \cdot h \cdot \sin(\varphi_{cm} - \varphi) \quad (1)$$

где $OA = h$ – длина рычага;
 c – угловая жёсткостью линейной пружины;
 φ_{cm} – угол определяющий статическое положение (положение равновесного состояния) системы.

Восстанавливающий момент при колебаниях для схемы, представленной на рис. 1, б определим по формуле (2)

$$M_{восст}^b = G \cdot h \cdot \sin(\varphi_{cm} - \varphi) - F \cdot d \cdot \sin \delta \quad (2)$$

где $OB = d$ – расстояние между опорами;
 F – реакция упругого стержня большой гибкости.

Полученный момент (2), в котором все переменные определяются в зависимости от обобщённой координаты φ , принимает вид:

$$M_{восст}^b = \frac{\pi^2 \left[1 + 0,5 \left(\frac{\sqrt{h^2 + d^2 - 2h \cdot d \cos(\varphi_{cm} - \varphi)}}{l} + 1 \right) \right]^2}{\left(\frac{\sqrt{h^2 + d^2 - 2h \cdot d \cos(\varphi_{cm} - \varphi)}}{l} + 1 \right)^2 l^2} \times \\ \times Hd \frac{h \sin(\varphi_{cm} - \varphi)}{\sqrt{h^2 + d^2 - 2h \cdot d \cos(\varphi_{cm} - \varphi)}} - Gl \sin(\varphi_{cm} - \varphi).$$

где H – жесткость на изгиб стержня большой гибкости.

Решения дифференциальных уравнений движения данных систем с соответствующими восстанавливающими моментами при одинаковых начальных условиях получены в ПО *Mathcad*.

На рис. 2 приведены графические зависимости колебаний системы с постоянной угловой жесткостью в виде изменения обобщённой координаты φ (рис. 2 а) и скорости (рис. 2 б) от времени.

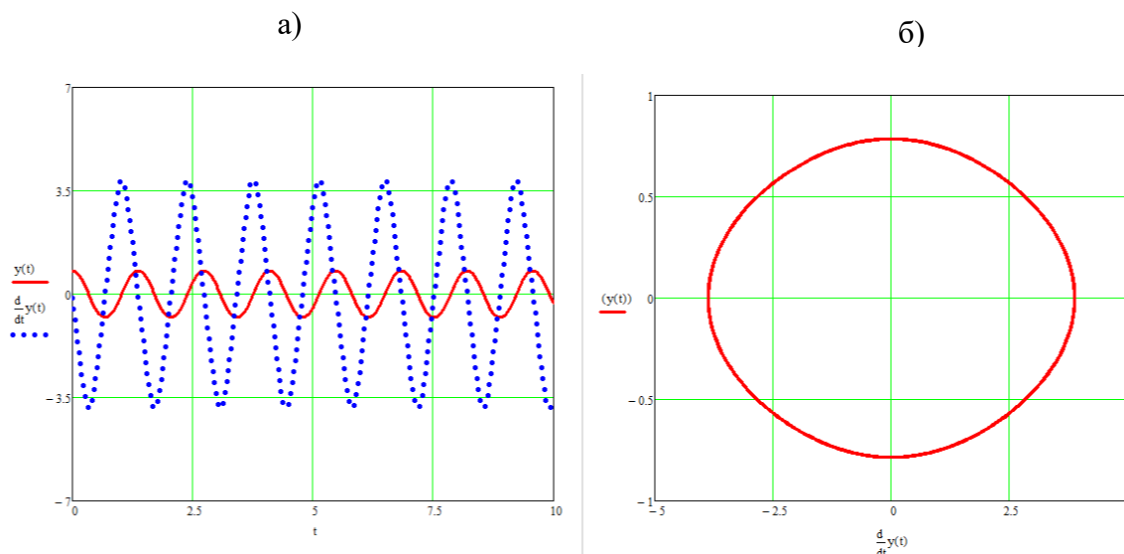


Рис. 2. Зависимость обобщённой координаты γ и скорости $\dot{\gamma}$ от времени при $G = 0,832$ Н для линейной системы

На рис. 3 приведены графические зависимости **колебаний системы** (в которой в качестве упругого элемента используется металлический стержень большой гибкости) **с переменной угловой жесткостью**, в виде изменения обобщённой координаты φ (рис. 3, а) и скорости (рис. 3, б) от времени.

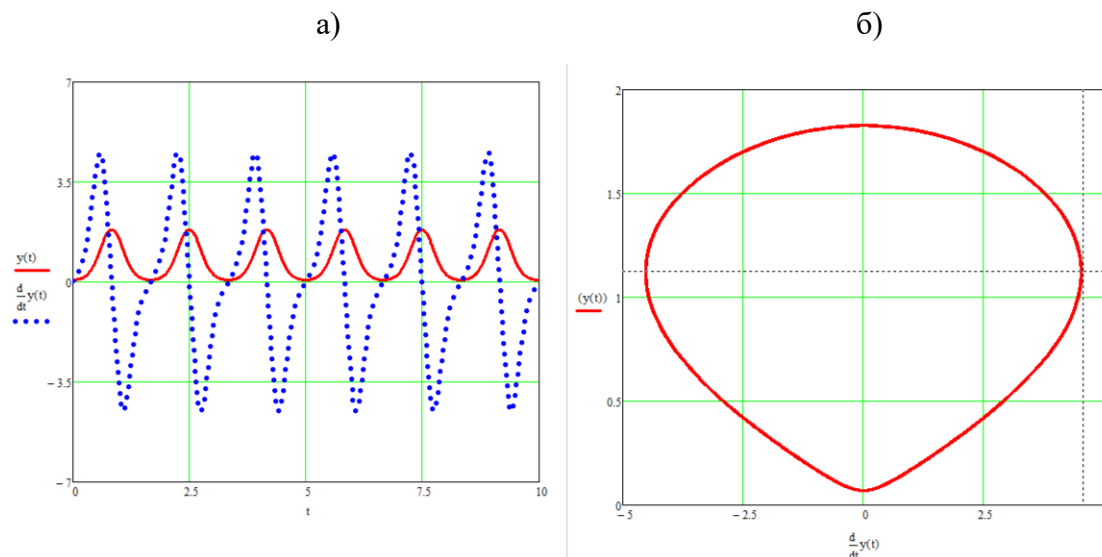


Рис. 3. Зависимость обобщённой координаты γ и скорости $\dot{\gamma}$ от времени при $G = 0,832$ Н для нелинейной системы

Результаты исследований, представленные на рис. 2 и рис. 3 показывают, что при одинаковых начальных условиях частота колебаний и их число для системы с переменной угловой жесткостью и соответствующим восстанавливающим моментом (рис. 3 а) меньше, чем для системы с постоянной угловой жесткостью (рис. 2 а) (линейная система). Фазовые траектории, представляющие собой эллипсы (рис. 2 б) при колебаниях линейных систем, существенно отличаются от фазовых траекторий ангармонических колебаний (рис. 3 б) системы со стержнем большой гибкости. Очевидно, что при больших колебаниях стержень

большой гибкости изменяя свою жесткость создает нелинейный восстанавливающий момент, и угловые перемещения уменьшаются за небольшой промежуток времени силами восстанавливающего момента.

Библиографический список

1. Личковаха, А. С. Исследование деформации стержня большой гибкости при осевом нагружении / А. С. Личковаха, Б. А. Шемшура, С. А. Кузнецов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2016. – №3. – С. 71-76.
2. Личковаха, А. С. Исследование напряжённо-деформированного состояния внецентренно сжатого стержня большой гибкости: / А.С. Кузнецов, Б. А.Шемшура, А. С. Личковаха. Электронный научный журнал Инженерный вестник Дона №1, 2018 ivdon.ru/ru/magazine/archive/nly2018/4773-0,9п.л.
3. Исследование колебаний системы с переменной жёсткостью / И. А. Яицков, Б. А. Шемшура, А. С. Личковаха, С. А. Кузнецов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 8. – С. 215-222. – DOI 10.24412/2071-6168-2021-8-215-222. – EDN YXHGVVD.

A. S. Lichkovakha, A. V. Donchenko

ANGULAR OSCILLATIONS OF NONLINEAR SYSTEMS IN SPRING SUSPENSION OF ROLLING STOCK

Abstract. In the course of the study, the effect of the restoring moment on the nature of angular oscillations of various systems was studied. It is established that the dependence of the restoring moment on the generalized coordinate (angle of rotation) can be both linear and nonlinear, depending on the use of various elastic bonds. The study of the properties of the restoring moment, which determines the force that returns the object to its original position, opens up the possibility of obtaining the desired regressive-progressive characteristic of objects with elastic bonds, which determines the damping process of the system.

Keywords: vibrations, suspension of rolling stock, damping element, elastic element with variable stiffness, regressive-progressive characteristic, high-flexibility rod.

For citation: Lichkovakha, A. S. Angular Oscillations of Nonlinear Systems in Spring Suspension of Rolling Stock / A. S. Lichkovakha, A. V. Donchenko // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 113– 116.

Сведения об авторах

Личковаха Андрей Сергеевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Строительная механика»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: lichkovaha@inbox.ru

Донченко Андрей Владимирович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
старший преподаватель,
e-mail: dontchenko777@mail.ru

Information about the authors

Lichkovakha Andrey Sergeevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Structural Mechanics»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: lichkovaha@inbox.ru

Donchenko Andrey Vladimirovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Senior Lecturer,
e-mail: dontchenko777@mail.ru

УДК 625.1

*Т. А. Попова, Г. И. Петров***МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА¹**

Аннотация. В основе свойств качества любой системы, в том числе железнодорожной, лежит неидеальность объектов и процессов: дефекты и деградационные процессы исходных материалов и комплектующих изделий, ошибки проектирования, производства, эксплуатации, ограниченная точность и надежность технологического, испытательного, контрольно-измерительного оборудования. В связи с повышенными требованиями к безопасности обеспечения перевозок, крайне актуальными являются вопросы обеспечения надежности эксплуатации железнодорожного транспорта. В данной работе поднят вопрос обеспечения устойчивости вагона с подробным исследованием применяемых опорных узлов – скользунов железнодорожных тележек.

Ключевые слова: вагон, тележка, скользуны, опорные системы, безопасность, устойчивость.

Для цитирования: Попова, Т. А. Многокритериальный подход к определению устойчивости подвижного состава / Т. А. Попова, Г. И. Петров // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 117 – 125.

На основе анализа развития железнодорожного транспорта можно сделать вывод, что его инфраструктура растет и усложняется с каждым годом. Все направлено на повышение качества и безопасности перевозок.

С каждым новым днем железнодорожный транспорт расширяет свою инфраструктуру, ставя перед собой задачу совершенствования качества и безопасности перевозок. Новые технологии и стандарты делают железнодорожное сообщение более надежным и эффективным.

Однако даже современные достижения не исключают проблемы в области безопасности. Вопросы взаимосвязи между устойчивостью вагонов и опорных элементов ходовых частей остаются актуальными и требуют дальнейших исследований.

Анализ развития железнодорожного транспорта показывает, что ключевую роль в обеспечении безопасности играют конструктивные особенности узлов сочленения тележек и кузовов вагонов. Внедрение новых технологий и строгие стандарты помогают улучшить работу системы. Одним из определяющих факторов является конструктивные особенности исполнения узлов сочленения тележек и кузовов вагонов. В наиболее распространенной конфигурации кузов вагона установлен на надрессорные балки двух тележек, обычная «трехсоставная» тележка железнодорожного вагона содержит две колесные пары в сборе с буксовыми узлами, параллельно расположенные боковые рамы, установленные на буксах через адаптеры и соединенные через рессорный комплект с надрессорной балкой, при этом тележка железнодорожного вагона бывает двух типов исполнения: с зазорными скользунами (например, модель тележки 18-100) и беззазорными скользунами постоянного контакта. Стандартное сочленение каждой надрессорной балки и кузова вагона обеспечивает поворот кузова вагона относительно чаши подпятника в центре надрессорной балки.

Для обеспечения плавности перемещения кузова вагона относительно тележки необходимо учитывать не только наклон вагонов, но и разнообразные колебания, которые могут быть вызваны несовершенством геометрии рельсов и колес. Подходящая конструкция опорных элементов должна быть спроектирована таким образом, чтобы эффективно работать при различных частотах воздействий, особенно низких.

При исполнении тележек с беззазорной установкой скользунов используются опорные скользуны постоянного контакта, которые за счет сил трения вступают в зацепление с кузовом вагоном. Скользуны необходимы для устранения крена кузова вагона, а также для снижения маятниковых колебаний боковых рам, называемых забеганием. Для улучшения параметров на опорные скользуны устанавливаются колпаки из износостойких материалов, которые, помимо всего прочего, гасят ударные воздействия. Данный элемент предпочтителен в упругом исполнении и оснащен дополнительными пружинящими элементами. [1]

Стандартное сочленение каждой надрессорной балки и кузова вагона играет важную роль в повороте кузова вагона относительно чаши подпятника в центре надрессорной балки. Этот механизм обеспечивает необходимую гибкость и плавность движения вагона по рельсам.

Для достижения лучших результатов в работе опорных элементов желательно провести тщательный анализ условий использования вагонов и основных причин колебаний. Это позволит выбрать оптимальную конструкцию и материалы для опорных ходовых частей, способствуя более эффективной работе и долговечности вагонов в системе железнодорожного транспорта.

В работе [3] поднимается вопрос безопасной эксплуатации в зависимости от опорных элементов. Отмечается, что значительное влияние на процесс движения вагона оказывают различия в упругих характеристиках пружинных комплектов и значениях зазоров в скользунах и буксовых проемах. Согласно исследованию [2], использование упругих скользунов на тележках ведет к перераспределению вертикальных нагрузок от кузова и значительному улучшению динамических качеств четырехосного вагона в горизонтальном направлении. Однако эксперименты показали, что введение демпфирующего момента между кузовом и тележкой не сказывается на величинах горизонтальных сил в кривых.

Исследование [3] также выявляет, что безопасность передвижения вагона напрямую зависит от особенностей опорных элементов. Параметры скользунов и пружинных комплектов играют ключевую роль в обеспечении стабильности и безопасности движения. Кроме того, подробное исследование [2] подчеркивает, что динамические характеристики вагона существенно улучшаются при использовании определенных конструктивных решений по установке упругих скользунов, что повышает эффективность его движения в горизонтальной плоскости.

При интенсивной эксплуатации вагонов, особенно когда речь идет о короткой базе и предрасположенности кузова к перекосам, важную роль играют изменения зазоров по диагонали вагонной рамы. Эти изменения вызваны различными факторами, такими как силы трения в различных узлах вагона. Например, силы, воздействующие на контактирующие поверхности между "пятником - подпятником", а также на наклонные поверхности карманов надрессорной балки, фрикционные клинья и планки.

Рисунок 1 демонстрирует схему действия сил при кососимметричном нагружении вагона, что позволяет более наглядно представить процессы, происходящие внутри вагонной конструкции.

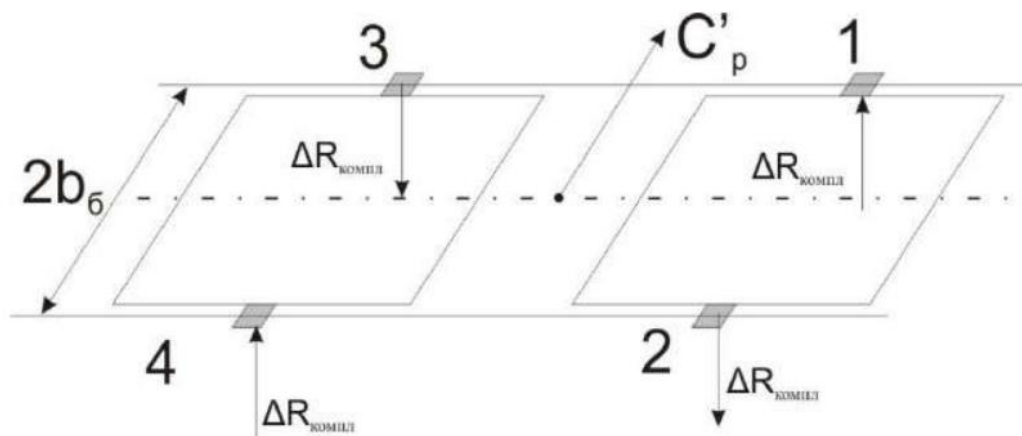


Рис. 1. Схема действия сил при кососимметричном нагружении вагона

Одной из проблем, с которой часто сталкиваются владельцы вагонов, является замыкание регламентированных зазоров в скользунах. Это может привести к серьезным последствиям, поэтому важно регулярно проводить техническое обслуживание и контроль за состоянием вагонов.

Процесс движения железнодорожных вагонов на криволинейных участках пути связан с различными ограничениями, в том числе зазорами в скользунах. Эти зазоры, ограничивающие наклон кузова вагона по диагонали, могут значительно различаться между собой, достигая разницы в 10-11 мм. В результате вагоны могут отклоняться наружу или внутрь кривой при движении, что вызывает кососимметричное нагружение.

Существует явление, при котором большой зазор в скользуне позволяет кузову вагона свободно наклоняться без нагрузки на пружины подвешивания. Однако, даже небольшие расхождения в зазорах могут оказать существенное влияние на движение и нагружение вагонов на кривых участках пути. Решение этой проблемы требует точной настройки и обслуживания скользунов для обеспечения оптимального функционирования вагонов.

Изучение влияния зазоров в скользунах на работу пружин упругого подвешивания тележки позволяет понять, что даже минимальные дефекты могут привести к серьезным последствиям. Как только механизм начинает двигаться по пути, пружины немедленно сжимаются, реагируя на кривизну оборудования. Этот процесс разгрузки и нагрузки колесных пар несет в себе важные последствия. При этом степень сжатия пружин зависит от характеристик пути и может привести к серьезным сдвигам в динамике движения.

Увеличение зазоров в скользунах сопровождается увеличением силы упругой отдачи, что может значительно изменить распределение нагрузки на колесные пары тележки. Как только зазоры достигают значений свыше 7 мм, риск поломки внутренних пружин увеличивается. Это происходит из-за превышения напряжений в пружинах допустимых значений, что создает опасность для нормального функционирования механизма. Важно уделить внимание контролю и обслуживанию скользунов, чтобы избежать возможных повреждений и обеспечить безопасность в процессе работы.

Необходимо всегда помнить, что большая разница величин зазоров в скользунах может серьезно повлиять на поведение тележки во время движения по кривым участкам пути. Это может привести к переходу от положения свободной установки к положению наибольшего перекоса, что, в свою очередь, существенно изменит работу колес. В таких ситуациях значения поперечных направляющих усилий, учитывающих зазоры в скользунах, могут увеличиться на 4-10%, что вызовет разгрузку колес и их последующее всползание на рельсы.

В рамках рационального выбора технических параметров для железнодорожных вагонов еще важнее становится учет норм и стандартов, касающихся узлов и систем. Особое значение приобретают коэффициенты, определяющие безопасность эксплуатации данных

транспортных средств. Именно они помогают предотвратить нежелательные сдвиги и повреждения на пути, обеспечивая стабильность и надежность работы вагонов.

Важно отметить, что безопасность движения железнодорожного состава напрямую зависит от состояния его ходовых частей. Существующие методики оценки сходаопасной ситуации не всегда могут полностью учесть все возможные факторы риска. Кроме того, отклонения в техническом состоянии нескольких деталей могут оказать значительное влияние на общую прочность системы.

В процессе эксплуатации железнодорожных вагонов нормируемые показатели износа каждого узла играют важную роль. Тем не менее, возможны ситуации, когда накопление отклонений в работе деталей приводит к снижению общего запаса прочности и безопасности. Для улучшения контроля над техническим состоянием вагонов необходимо разработать комплексную систему оценки влияния состояния деталей на износ и безопасность вагонов.

Поэтому одним из ключевых направлений развития в данной области является создание инновационных подходов к оценке ходовых частей и деталей железнодорожных вагонов. Новые методики должны учитывать не только отдельные параметры, но и комплексное взаимодействие всех элементов системы колесо-рельс для обеспечения безопасности движения и продления срока службы оборудования.

Существует множество факторов, которые влияют на устойчивость движения подвижного состава, помимо технического состояния его элементов. Важно учитывать динамические силы взаимодействия, которые могут быть вызваны различными факторами, такими как неровности на поверхности катания, конусность поверхности колес и кривизна пути. В результате возникают дополнительные колебания, которые нужно принимать во внимание.

В работе [4] было установлено, что существует закономерность между изменениями параметров ходовых частей тележки и кузова вагона и устойчивостью движения подвижного состава. Это исследование делает упор на анализ степени демпфирования форм колебаний, уровень подвешивания, а также силовые характеристики связей пятник-подпятник и боковых скользунов. Важно учитывать все эти аспекты для обеспечения безопасности и эффективности работы подвижного состава на железнодорожном транспорте.

Важно отметить, что при боковой качке кузова порожнего вагона требуется, чтобы вертикальная жесткость скользуна составляла не менее 2,5 МН/м. Этот параметр существенно влияет на общую устойчивость поезда во время движения.

При проведении анализа устойчивости учитываются различные факторы, такие как условие поднятия колеса над головкой рельса, искривление рельса и изменение ширины колеи. Необходимо также учитывать соотношение боковых и вертикальных сил, действующих на колесо [5].

Один из ключевых моментов в данном контексте - это определение критического значения соотношения $\frac{P_6}{P_B}$, для чего используется специальная формула Надаля. Это позволяет оценить степень безопасности и надежности поезда на кривых участках пути, обеспечивая высокий уровень проходимости и комфорта для пассажиров. Важно строго контролировать коэффициенты запаса устойчивости, чтобы обеспечить безопасность и эффективность движения по железной дороге.

$$\frac{P_6}{P_B} \leq [K_{BK}] \quad (1)$$

где P_6 – сила давления рамы на направляющую колесную пару (рамная сила);
 P_B – вертикальная сила, действующая на шейку у набегающего колеса;
 $[K_{BK}]$ – допустимая величина коэффициента устойчивости по вкатыванию.

Более подробная информация о методике определения коэффициента запаса устойчивости колеса от вкатывания на рельс представлена в работе [6]:

$$K_{yc} = \frac{tg\beta - \mu}{1 + \mu \cdot tg\beta} \cdot \frac{P_B}{P_6} \geq [K_{yc}], \quad (2)$$

где β – угол наклона образующей конусообразной поверхности гребня колеса с горизонталью. Для новых колес с профилем по ГОСТ 9036-88 $\beta = 60^\circ$;

μ – коэффициент трения поверхностей колес и рельсов;

P_B – вертикальная нагрузка от набегающего колеса;

P_6 – боковое усилие взаимодействия гребня набегающего колеса и головки рельса;

$[K_{yc}]$ – допускаемое значение коэффициента запаса устойчивости

Изучение и анализ этих формул позволят рассчитать необходимые параметры для обеспечения безопасности и эффективности движения колесного транспорта, а также оптимизировать процесс регулирования устойчивости при взаимодействии с рельсами. Важно учитывать все факторы, влияющие на устойчивость колеса, для повышения надежности и снижения риска возможных аварийных ситуаций.

Для обеспечения устойчивости грузовых вагонов используется допускаемое значение коэффициента запаса устойчивости $K_{yc} = 1.3$. В расчетах учитываются варианты с однотоочным и двухточечным контактом.

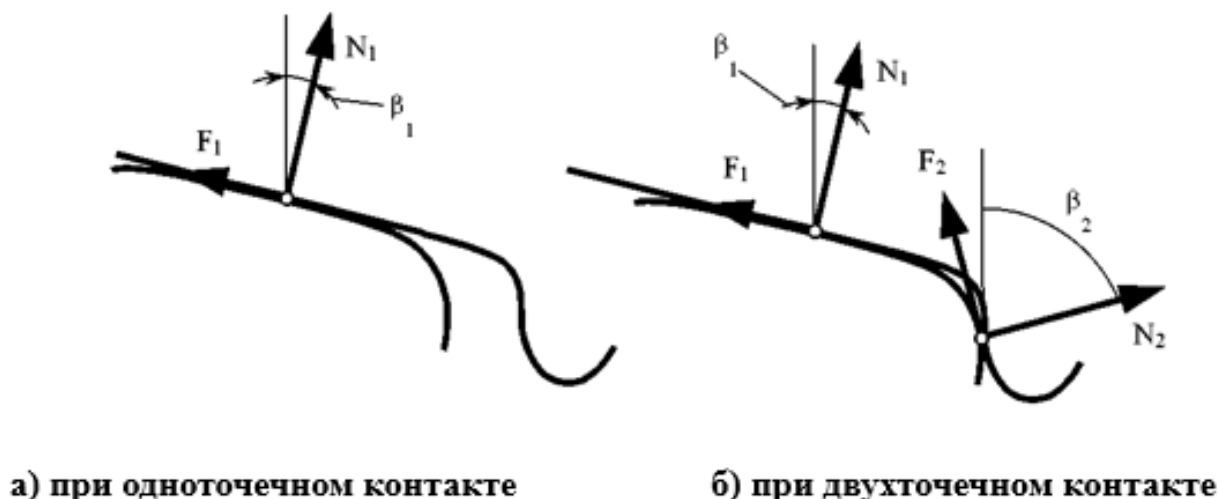


Рис. 2. Силы, действующие на колесо вагонной тележки

Необходимо выделить силы, действующие на колесо вагонной тележки, для случая однотоочного контакта. Для однотоочного контакта

$$\begin{aligned} P_6 &= F_1 \cdot \cos(\beta_1) - N_1 \cdot \sin(\beta_1); \\ P_B &= N_1 \cdot \cos(\beta_1) + F_1 \cdot \sin(\beta_1) \end{aligned}$$

Для двухточечного контакта

$$\begin{aligned} P_6 &= -N_1 \cdot \sin(\beta_1) - N_2 \cdot \sin(\beta_2) + F_2 \cdot \sin(\beta_2) + F_1 \cos(\beta_1); \\ P_B &= N_1 \cdot \cos(\beta_1) + N_2 \cdot \cos(\beta_2) + F_2 \cdot \sin(\beta_2) + F_1 \cdot \sin(\beta_1) \end{aligned}$$

Железнодорожный путь и подвижной состав представляют собой единую систему, где важно учитывать, как вертикальные, так и горизонтальные силы, вступающие в игру при взаимодействии. Снижение сил динамического взаимодействия может быть достигнуто совершенствованием ходовых частей и пути, а также улучшением технического содержания

их в эксплуатации [5]. Поэтому необходимо учитывать такие физические параметры как продольная жесткость и моменты трения при повороте тележки под вагоном.

Кроме того, для оптимизации работы железнодорожной системы необходимо уделить внимание физическим характеристикам, таким как продольная жесткость и моменты трения при повороте тележки под вагоном. Путем улучшения этих параметров можно добиться существенного снижения динамических сил, действующих на вагоны и путь, что в свою очередь повысит безопасность и эффективность железнодорожного транспорта.

При работе опорных элементов возможно определить силы взаимодействия на скользунах при их замыкании. Особенно важным является анализ математической модели опирания пятниками на подпятники тележки при различных зазорах между скользунами. Подход, представленный в работе [7], позволяет учесть все детали процесса.

Процесс колебаний обладает уникальной чертой – зазоры в скользунах могут закрываться в различных сочетаниях, отражая динамику взаимодействия элементов. Важно учитывать, что общее число таких сочетаний достигает девяти вариантов. Это подчеркивает сложность и Текущие значения зазоров на всех четырех скользунах могут быть определены через координаты следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \xi_{ck1} &= \delta_{ckH1} - \theta B_1 + \theta_{B1} B_1; \\ \xi_{ck2} &= \delta_{ckH2} + \theta B_2 - \theta_{B1} B_2; \\ \xi_{ck3} &= \delta_{ckH3} - \theta B_3 + \theta_{B2} B_3; \\ \xi_{ck4} &= \delta_{ckH4} + \theta B_4 - \theta_{B2} B_4, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где δ_{ckHj} – номинальные значения зазоров в скользунах;
 B_j – расстояние от центра шкворня до середины скользуна;
 $j = 1, 2, 3, 4$ – номер скользуна.

В уравнениях (3) представлены выражения для вычисления текущих значений зазоров ξ_{ckj} . Следует отметить, что замыкание скользунов происходит в случае, когда значение зазора становится равным или меньше нуля. Таким образом, необходимо учитывать неравенство

$$\xi_{ckj} \leq 0. \quad (4)$$

Для определения сил взаимодействия в скользунах при их замыкании предложена следующая модель удара. Предполагается, что вторая производная от ξ_{ckj} в момент удара, когда выполняется неравенство (4), скачком обращается в нуль, т.е.

$$\ddot{\xi}_{ckj} = 0.$$

Изучение взаимосвязей между номинальными значениями зазоров, расстоянием до центра шкворня и условиями замыкания скользунов позволяет эффективно оптимизировать процессы работы механизма и обеспечивать его надежную работу в различных условиях эксплуатации.

Подробное изучение допустимых величин суммарного зазора в скользунах вагонных тележек модели 18-100 серийных цистерн было проведено в работе [5]. В результате исследования было выявлено, что отсутствие зазоров в скользунах тележек вдоль диагонали вагона недопустимо. Одновременно было установлено, что удельная работа сил трения в скользунах практически не меняется в зависимости от величины зазора.

У восьмиосных вагонов необходимо соблюдать определенные зазоры между скользунами различных балок. В частности, суммарный зазор между соединительной и шкворневой балками с обеих сторон одного конца цистерны должен составлять от 4 до 15 мм. Это требование является обязательным для обеспечения безопасности и надежности транспортировки грузов. Дополнительно, необходимо учитывать, что между соединительной

и надрессорной балками с обеих сторон одной двухосной тележки должен быть зазор от 4 до 20 мм. Эти параметры имеют значение для правильного функционирования транспортного средства и предотвращения аварийных ситуаций.

Отсутствие зазоров не допускается в различных ситуациях, например, в двух любых скользунах одной четырехосной тележки с одной стороны цистерны. Также следует учитывать соблюдение зазоров по диагонали цистерны между скользунами соединительной и шкворневой балок, а также между скользунами надрессорной и соединительной балок четырехосной тележки. Эти меры предусмотрены для создания безопасной и эффективной системы грузоперевозок.

На основании статистических данных исследования динамики колесных вагонов и рельсов, анализ динамических параметров взаимодействия колес вагонов и рельсов охватывает множество аспектов, таких как углы набегания колес на головку рельса, рамные силы, боковые силы и коэффициенты вертикальной динамики. Необходимость учета всех этих параметров подчеркивает сложность процесса обеспечения безопасности и эффективности движения по железнодорожным путям.

Зависимость коэффициента демпфирования боковой качки от вертикальной жесткости скользуна представлена на рисунке 3. Этот график является ключевым инструментом в изучении влияния вертикальной жесткости на динамику взаимодействия колес и рельсов. Понимание этой взаимосвязи позволяет оптимизировать процессы поддержания стабильности движения и предотвращения аварийных ситуаций.

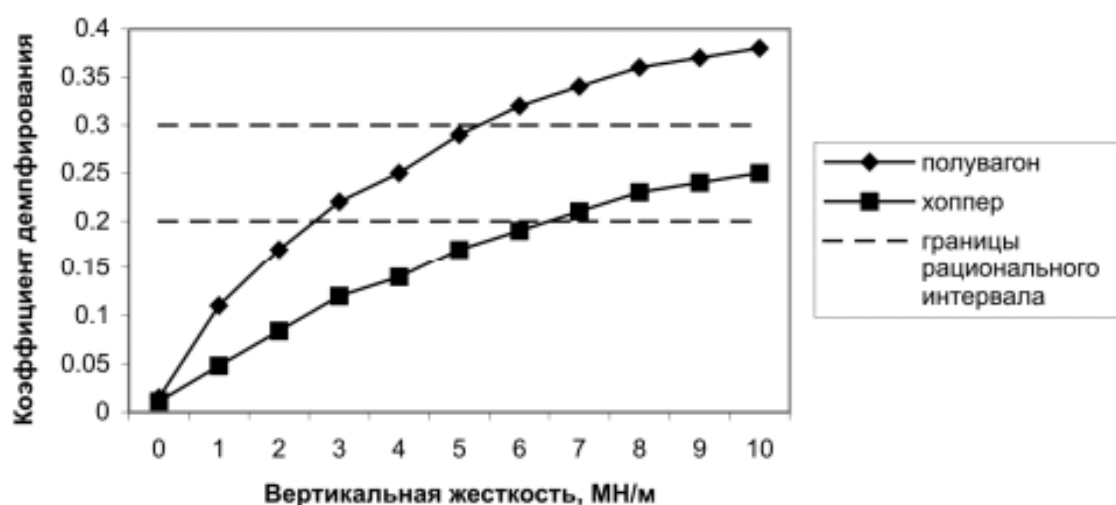


Рис. 3. Зависимость коэффициента демпфирования боковой качки от вертикальной жесткости скользуна

Подробный анализ данных, полученных на примере тележек вагонов модели 18-100, показывает, что оптимальный диапазон суммарного зазора в скользунах составляет от 4 до 14 мм. Важно отметить, что наличие суммарных зазоров в заданных пределах существенно влияет на рамные и боковые силы, возникающие в результате действия неровностей путевого полотна. Эти параметры имеют прямое влияние на безопасность и комфортность движения по железнодорожным путям, и их контроль необходим для обеспечения эффективной эксплуатации железнодорожного транспорта.

Безусловно, важно понимать, что устойчивость вагонов - это комплексный вопрос, который требует глубокого изучения. В ходе анализа различных исследований становится очевидным, что успешное решение этой проблемы зависит от множества факторов. Для достижения оптимальных результатов необходимо учитывать, как технические аспекты, так и внешние условия, оказывающие влияние на устойчивость вагонов.

Кроме того, значительное внимание стоит уделить анализу возможных инновационных подходов к улучшению устойчивости вагонов. Новейшие технологии и современные методы тестирования могут сыграть ключевую роль в повышении безопасности и эффективности использования железнодорожного транспорта. Важно также учитывать специфику различных типов вагонов и их назначение при разработке инженерных решений для повышения устойчивости. Иными словами, исследование устойчивости вагонов требует не только тщательного анализа существующих данных, но и новаторского подхода к поиску оптимальных решений. Взаимодействие технических и внешних факторов, а также постоянное стремление к совершенствованию играют ключевую роль в развитии этой области.

Библиографический список

1. **Сергеевич, Н. И.** Боковая опора кузова на тележку рельсового транспортного средства. Патент RU 2782745». 2022.
2. **Вериго М. Ф., Грачева Л. О., Ромен Ю. С.** Влияние момента трения между кузовом и тележкой на движение грузового вагона в рельсовой колее.-Тр. ЦНИИ МПС, вып.347. 1967.—с. 54-57.
3. **Капустина Е. П., Леоненко Е. Г.** Влияние технических характеристик и их отклонений на устойчивость движения порожнего подвижного состава // Известия Транссиба. 2019. №2 (38).
4. **Орлова, А. М.** Влияние конструктивных схем и параметров тележек на устойчивость, ходовые качества и нагруженность грузовых вагонов: автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н.. Санкт-Петербург, 2008
5. **Иванов, Д. В.** Влияние технического состояния ходовых частей грузовых вагонов на безопасность движения и износ в системе колесо-рельс. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва, 2010.
6. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996
7. **Игембаев, Н. К.** Пути улучшения динамических качеств длиннобазных грузовых вагонов: автореферат диссертации канд. техн. наук / Московский государственный университет путей сообщения. – М., 2010. – 24 с».

T. A. Popova, G. I. Petrov

MULTI-CRITERIA APPROACH TO DETERMINING THE STABILITY OF ROLLING STOCK

Abstract. The quality properties of any system, including railway, are based on the imperfection of objects and processes: defects and degradation processes of raw materials and components, design, production, operation errors, limited accuracy and reliability of technological, testing, control and measuring equipment. Due to the increased requirements for the safety of transportation, the issues of ensuring the reliability of railway transport operation are extremely relevant. In this paper, the issue of ensuring the stability of the car is raised with a detailed study of the support units used – sliding rail carts.

Keywords: wagon, trolley, sliders, support systems, safety, stability.

For citation: Popova, T. A. Multi-Criteria Approach to Determining the Stability of Rolling Stock / T. A. Popova, G. I. Petrov // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobsheniya. – 2025. – № 1. – P. 117– 125.

Сведения об авторах**Попова Татьяна Александровна**

Российский университет транспорта (РУТ),
кафедра «Технологии транспортного
машиностроения и ремонт подвижного
состава»,
старший преподаватель,
e-mail: tatiana241187@gmail.com

Петров Геннадий Иванович

Российский университет транспорта (РУТ),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой,
e-mail: petrovgi@gmail.com

Information about the authors**Popova Tatiana Alexandrovna**

Russian University of Transport (RUT),
Chair «Transport Engineering Technologies
and Rolling Stock Repair»,
Senior Lecturer,
e-mail: tatiana241187@gmail.com

Petrov Gennady Ivanovich

Russian University of Transport (RUT),
Chair «Cars and Car Economy»,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Chair,
e-mail: petrovgi@gmail.com

УДК 656.225

*А. В. Шевченко***СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ ВАГОНОВ МОДЕЛИ 16-5213, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПОВЫШЕНИЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И РАБОТОСПОСОБНОСТИ¹**

Аннотация. Статья посвящена описанию современных технических решений, примененных в автономных рефрижераторных вагонах модели 16-5213, которые по мнению автора обеспечивают повышение эксплуатационной надежности и работоспособности этих вагонов.

Ключевые слова: железная дорога, грузовой подвижной состав, рефрижераторный подвижной состав, перевозка скоропортящихся грузов, безопасность движения.

Для цитирования: Шевченко, А. В. Современные решения для автономных рефрижераторных вагонов модели 16-5213, обеспечивающие повышение их эксплуатационной надежности и работоспособности / А. В. Шевченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 126 – 131.

По оценкам, выполненным Ассоциацией организаций продуктового сектора (далее АСОРПС) [1] на начало 2023 года, на территории СНГ насчитывалось около 8,2 тысяч изотермических вагонов, из которых 4,7 тысяч располагались на территории России. При этом лишь 1043 вагона могли поддерживать заданный температурный режим на всём пространстве колеи 1520 мм. Если динамика списания морально и технически устаревших рефрижераторного подвижного состава сохранится, то к 2034 году на железных дорогах колеи 1520 мм может не остаться группового рефрижераторного подвижного состава (ГРПС). К другим категориям рефрижераторных транспортных средств относятся только крупнотоннажные рефрижераторные контейнеры (КРК), но перевозка в них подразумевает совершенно иную технологию доставки скоропортящихся пищевых продуктов (СПП), нежели перевозка в вагонах. Отправка СПП в КРК затруднена из-за логических ограничений железнодорожных администраций и необходимости формирования отдельных ускоренных контейнерных поездов с ограниченным количеством маршрутов в год.

Вместе с этим, согласно анализу АСОРПС перевозок СПП за 2023 г. по железной дороге, на основе методов Д.О. Давыдова [2], всего за год перевезено 7 763 тыс. тонн СПП из них:

- с защитой только от атмосферных осадков – 2 196 тыс. тонн (39%);
- в режиме «термос» – 2 502 тыс. тонн (44,4%);
- с поддержанием температурного режима – 931 тыс. тонн (16,5%).

Средняя дальность перевозок составила около 2,8 тыс. км для вагонов-термосов и 4,5 тыс. км для неспециализированных вагонов и контейнеров. Нарушение транспортно-температурных условий (ТТУ) при перевозке в неспециализированных вагонах и контейнерах составило 56,7% (среднее отклонение температуры – 6,6°C), в режиме «термос» обеспечение ТТУ составило 89,2%. Таким образом, несоблюдение ТТУ в основном характерно для неспециализированных вагонов и контейнеров и в меньшей степени – для вагонов-термосов. Доля перевозок СПП в 2023 году в ГРПС и КРК составила всего 16,5%.

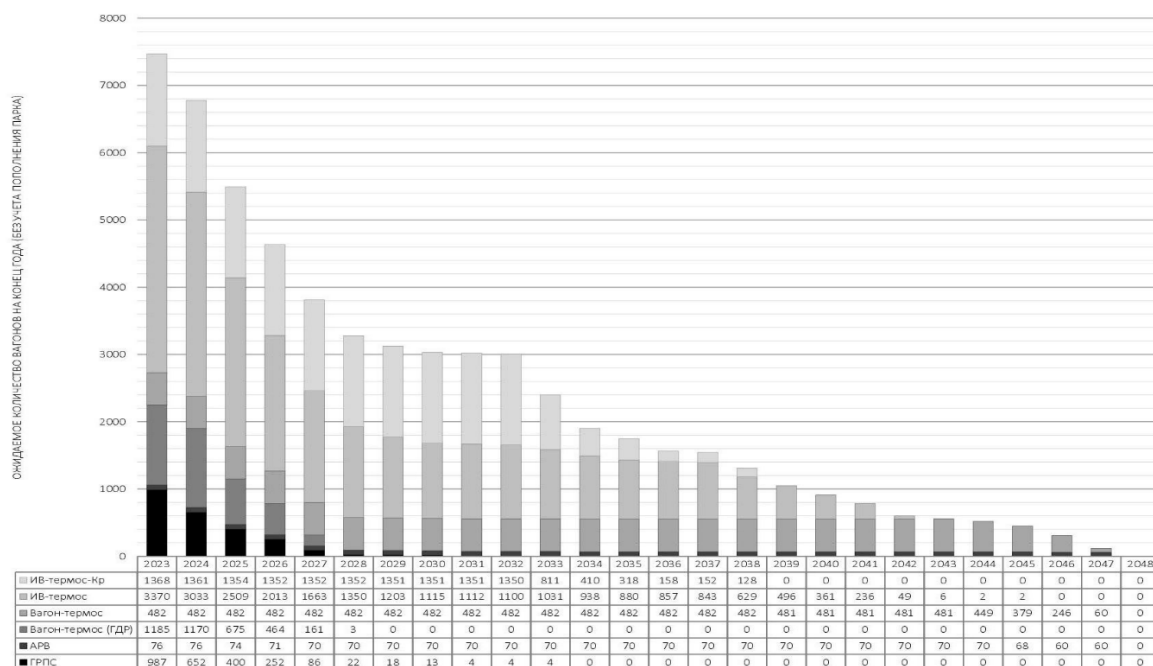


Рис. 1. Выбытие изотермических вагонов парка СНГ.

*ИВ-термос-Кр (изотермический вагон термос) – одиночный изотермический вагон, переоборудованный из крытого грузового вагона;

ИВ-термос (изотермический вагон термос) – одиночный изотермический вагон, переоборудованный из грузового вагона рефрижераторной секции и автономных рефрижераторных вагонов.

Анализируя структуру перевозок СПП железнодорожным транспортом, можно отметить интересный факт, что несмотря на значительный рост парка КРК (более 11 тыс. КРК на 2023 г.), объем перевозок в них увеличивается медленнее, чем растет количество самих КРК. Это может указывать на то, что использование КРК достигло своего предела, так как они (как и ГРПС) предназначены для перевозки крупных партий грузов в сцепах. Исходя из анализа, проведенного Вороном О.А. [3] и, предложенных им вариантов рефрижераторного подвижного состава, способствовать значительному увеличению доли перевозок СПП с поддержанием температурного режима позволит наличие надежного и эффективного автономного рефрижераторного вагона.

В данное время существуют 4 модели автономных рефрижераторных вагонов: 16-1881 – ТОО «COOL INFINITY»; 16-2155 – АО «Алтайвагон»; 16-1247 – ООО «УК РМ Рейл»; 16-5213 – производство АО «НПК «Уралвагонзавод».

Рассмотрим какие современные технические решения применены в автономном рефрижераторном вагоне модели 16-5213 (АРВ), обеспечивающий повышение его эксплуатационной надежности и работоспособности.

Данный АРВ имеет одну холодильно-отопительную установку (ХОУ) в машинно-техническом помещении. Ввиду отсутствия отечественных производителей подобной техники, были применены ХОУ Carrier HE19 и ThermoKing Slx-400 (представлены на рис. 2) [4].

Данные модели ХОУ были выбраны, так как в настоящее время они являются самыми мощными из представленных на рынке и способны обеспечивать поддержание температуры внутри большого объема АРВ (126 м³). ХОУ оборудованы дизель-генераторной установкой, соответствующей европейскому стандарту для новой внедорожной мобильной техники Stage V, холодильным контуром, подогревателем, встроенным контроллером для управления всеми

энергетическими процессами, в том числе и температурой в грузовом помещении, также контроллер осуществляет сигнализацию о необходимости проведения обслуживания, сбоях в работе и имеет преобразователь напряжения для возможности подключения к внешним источникам питания и обеспечения электроэнергией внешних потребителей.

К ХОУ подключена система телематики для отслеживания местоположения вагона и обеспечения возможности дистанционного управления и мониторинга параметров ХОУ и параметров воздушной среды внутри грузового помещения, что позволяет выполнять эксплуатацию АРВ без сопровождения человеком. Телематика включает сложные логические блоки, позволяющие не просто отслеживать параметры ХОУ, но и предсказывать её отказ или своевременно выявлять необходимость проведения технического обслуживания.

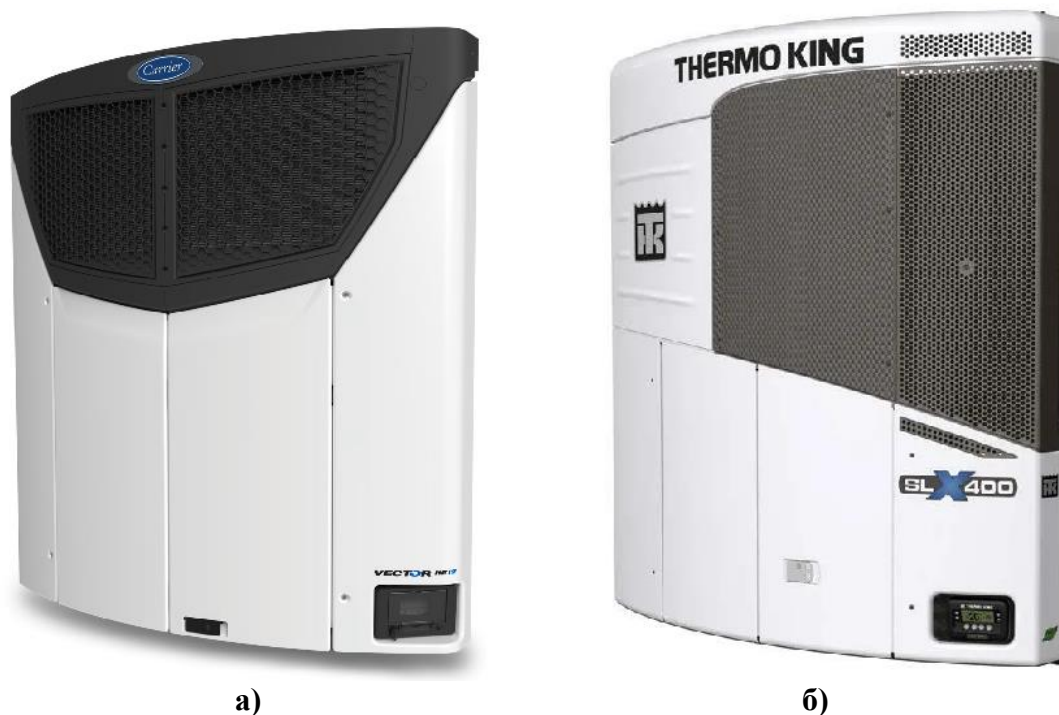


Рис. 2. Общий вид моноблочных холодильных установок для АРВ:
а- Carrier HE19 [4], б- ThermoKing Slx-400[5]

С целью минимизации расхода топлива на поддержание температуры внутри грузового помещения АРВ и сохранения ресурса ХОУ, была применена новейшая теплоизоляция в виде напыляемого пенополиуретана марки «Изолан 131». Такой способ теплоизоляции позволил достичь коэффициента теплопередачи кузова 0,19 Вт/м² К, что более чем в 2 раза меньше, чем у КРК и ГРПС. Вместе с этим, такой коэффициент теплопередачи кузова АРВ позволяет иметь значительный запас времени для восстановления и/или перезапуска ХОУ, в случае отказа оборудования, в этот период времени перевозка груза будет осуществляться в режиме «термос».

Для создания равномерного распределения воздуха внутри грузового помещения была разработана уникальная система управления воздухом (показана на рис. 3), которая состоит из: воздуховода, вертикальных направляющих, напольных решеток и фальшстены с сформированным возвратным каналом.

Подготовленный до требуемой температуры воздух из ХОУ поступает в специальный воздуховод, благодаря уникальной конструкции, воздух равномерно распределяется по всему грузовому помещению. Вертикальные гофры обеспечивают зазор между грузом и стенами АРВ, образуя воздушный канал для движения воздуха от воздуховода, вдоль груза к решеткам. Благодаря воздухопроницаемой конструкции решеток воздушные массы сняв

теплопотери с груза и стен АРВ устремляются вдоль вагона к фальшстене с возвратным каналом и попадают обратно в ХОУ для температурно-влажностной подготовки и отправки обратно в грузовое помещение. Такая система управления воздухом позволяет создать воздушное «одеяло» вокруг перевозимых СПП и добиться разницы температур не более 2°C во всех сечениях грузового помещения.

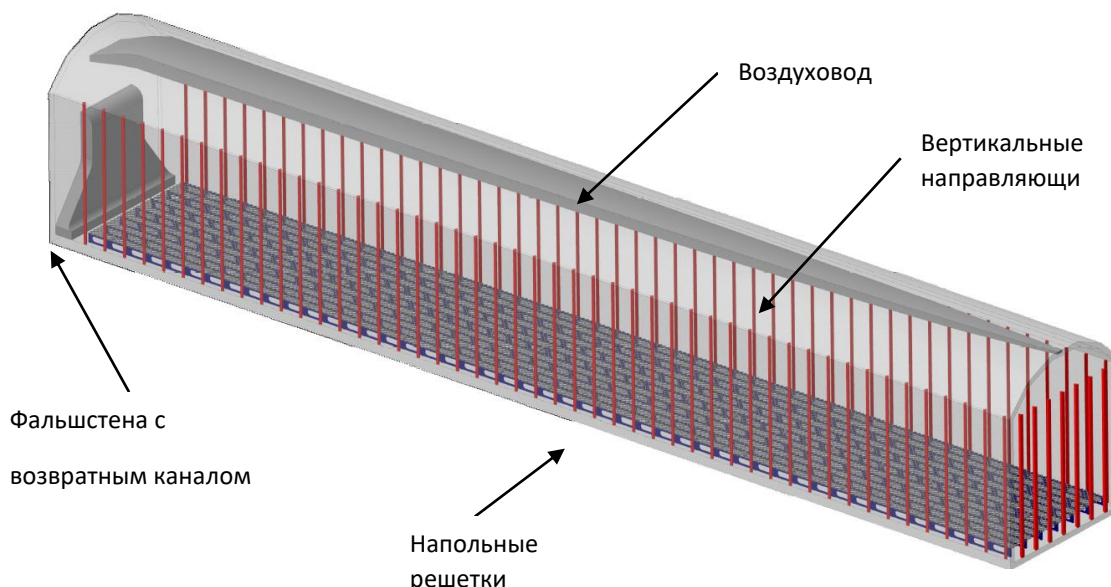


Рис. 3. Схема системы распределения воздуха в грузовом помещении

Под вагоном установлены тележки 18-194-1 с осевой нагрузкой 25 тс [6], показана на рис.4, что позволяет добиться повышения эксплуатационных характеристик, а также увеличения межремонтного ресурса вагона до 500 тыс.км. в сравнении с ГРПС 160 тыс. км или платформами для перевозки КРК, оборудованных тележками с осевой нагрузкой 23,5 тс.

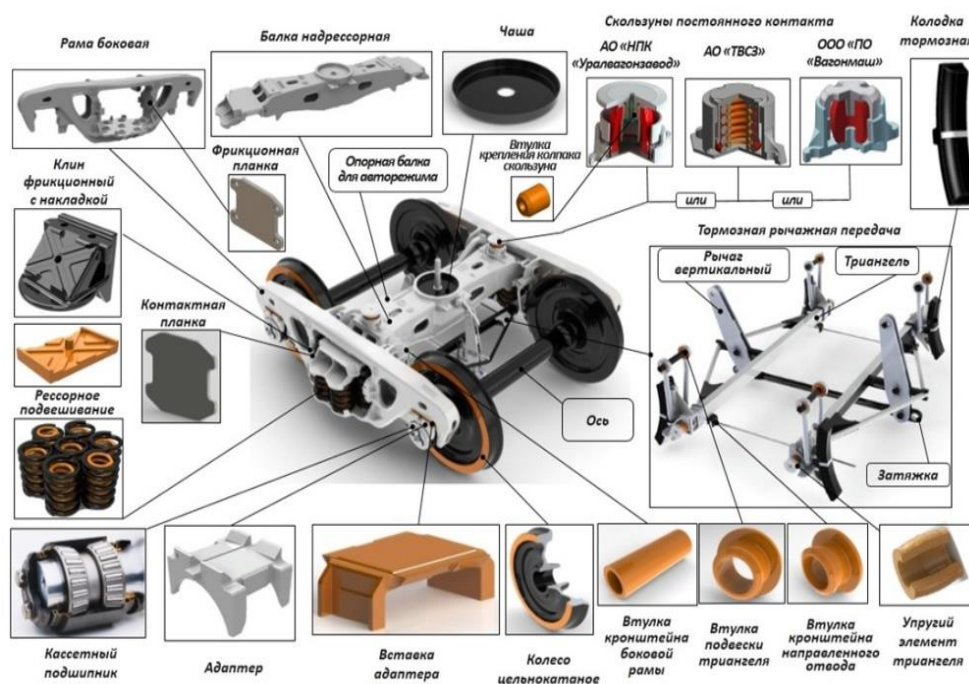


Рис. 4. Узлы и детали тележки 18-194-1 [6]

Наряду с инновационной тележкой в вагоне применена полужесткая автосцепка СА-3, эластомерные поглощающие аппараты и потележечное торможение, что в совокупности обеспечивает большую плавность хода, по сравнению с вагонами на грузовых тележках 18-100 и аналогах. В тоже время, использование в РПС тележек с осевой нагрузкой 25 тс обеспечивают рост полезной массы поезда и, как следствие, сокращением издержек привозчика на транспортировку грузов.

За период с 2021 по 2023 годы в АРВ совершено более 100 гружёных рейсов и перевезены различные виды СПП, такие как консервы, мясо, напитки, вина и рыба. Грузы были транспортированы на расстояния от 5,7 до 7,2 тысячи километров с различными температурными режимами и внешними погодными условиями, при безусловном обеспечении ТТУ. Благодаря применённым техническим решениям, регулярному техническому обслуживанию, высокой надёжности АРВ и использованию предиктивных алгоритмов телематики, удалось избежать отцепок гружёных вагонов и обеспечить стабильную работу холодильно-отопительной установки. Что в свою очередь, доказывает эффективность реализованных технических решений и открывает новые перспективы для использования АРВ, чтобы обеспечить сохранение качеств СПП при их доставке по железной дороге, с соблюдением требований безопасности движения.

Библиографический список

1. Авторский канал СПГЛАБ Давыдова, Д.О., Парк изотермических вагонов в начале 2023 года с плановым выбытием -URL:<https://teletype.in/@spglab/park2023> Дата публикации: 12.02.2023.
2. Авторский канал СПГЛАБ Давыдова, Д.О., «Структура перевозок СПГ железнодорожным транспортом (внутренние перевозки, импорт, экспорт, транзит) - URL: <https://teletype.in/@spglab/2023-tendantsii> Дата публикации: 28.04.2024.
3. **Ворон, О. А.** Актуализация технических решений для изотермического подвижного состава при перевозках скоропортящихся грузов / О. А. Ворон // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 1(77). – С. 56–65. – ISSN 0201-727X.
4. Изображение Carrier HE19 - URL: <https://www.carrier.com/truck-trailer/ru/ru/products/eu-truck-trailer/trailer/vector-high-efficiency-19/> Дата обращения: 03.11.2024.
5. Изображение ThermoKing Slx-400 - URL: <https://thermokingcenter.ru/catalog/seriya-slx/slx-400/?ysclid=m5wi2jo7lg361664221#gallery> Дата обращения: 03.11.2024.
6. Изображение вагонной тележка двухосная 18-194-1 - URL: <https://www.uvzt.ru/products/spare-parts/product/vagonnaya-telezhka-dvukhosnaya-18-194-01/?ysclid=m5whbw1ad3303020915>. Дата обращения: 05.11.2024.

A. V. Shevchenko

MODERN SOLUTIONS FOR AUTONOMOUS REFRIGERATED WAGONS OF THE 16-5213 MODEL, ENSURING AN INCREASE IN THEIR OPERATIONAL RELIABILITY AND OPERABILITY

Abstract. The article is devoted to the description of modern technical solutions used in autonomous refrigerated wagons of the model 16-5213, which, according to the author, increase the operational reliability and operability of these wagons.

Keywords: railway, freight rolling stock, refrigerated rolling stock, transportation of perishable goods, traffic safety.

For citation: Shevchenko, A. V. Modern Solutions for Autonomous Refrigerated Wagons of Model 16-5213, Ensuring an Increase in Their Operational Reliability and Operability / A. V. Shevchenko // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 126 – 131.

Сведения об авторах

Шевченко Алексей Владимирович

Российский университет транспорта (РУТ),
аспирант,

e-mail: shevchenko@rusref.su

Information about the authors

Shevchenko Alexey Vladimirovich

Russian University of Transport (RUT),
Postgraduate Student,

e-mail: shevchenko@rusref.su

УДК 629.45

*И. А. Яицков, М. М. Мукерия***БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ НА ПУНКТЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ¹**

Аннотация. В настоящей статье была рассмотрена проблема обеспечения осмотров вагонов мерительными инструментами. Представлена концепция технологического решения, которая заключается во внедрении цифровых технологий, а именно маркировки RFID (Radio Frequency Identification). Так же представлен план расположения оборудования радиочастотной идентификации на ПТО.

Ключевые слова: бережливое производство, материально-технические ресурсы, жизненный цикл инструментов, маркировка объектов, цифровые технологии, оборудование на ПТО, борьба с контрафактной продукцией.

Для цитирования: Яицков, И. А. Бережливое производство при техническом обслуживании пассажирских вагонов на пункте технического обслуживания с использованием цифровых технологий / И. А. Яицков, М. М. Мукерия // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 132 – 138.

Бережливое производство – это методология управления, направленная на создание ценности для клиента путем минимизации потерь и оптимизации процессов производства и использования оборудования.

Осуществление бережливого производства при техническом обслуживании пассажирских вагонов на пункте технического обслуживания (далее – ПТО) с использованием цифровых технологий позволит получить существенные эффекты за счет обеспечения необходимого уровня «прозрачности» состояния материальных ресурсов, создания совместно используемой системы электронного описания всех изделий МТР и их основных комплектующих на этапах от изготовления до выбытия из эксплуатации. Это позволит более эффективно решать задачи материального обеспечения, поддержания и восстановления технической готовности МТР, обеспечит необходимый информационный ресурс для решения задач повышения надежности, эксплуатационной и ремонтной технологичности, сокращения совокупной стоимости владения материальными активами.

Проблема учета материальных активов сформировалась исходя из наблюдения за практической реальностью. В рамках хозяйственной деятельности на каждом предприятии ежегодно проводятся инвентаризации [1-5], в ходе которых сравниваются фактическое наличие МТР с учетными данными. Каждая единица МТР переписывается и далее в ручном режиме вводится в информационную систему. Анализ и поиск источников с описанием различных видов маркировки и технологии нанесения дает множество результатов – это клеймение и нанесения табличек прямой маркировки, гравировки с использованием защитных покрытий, иглоударной маркировки, и т.д. до современных способов маркировки – лазерные технологии, каплеструйная и термотрансферная печать, радиочастотная маркировка.

В настоящее время мы имеем ограниченный функционал автоматизированной системы управления метрологическим обеспечением (далее – АСУ МО), низкий уровень автоматизации процессов обеспечения и контроля допуска персонала, а также неавтоматизированный процесс перемещения оборудования на пункте технического обслуживания и взаимодействие с центрами метрологии.

Технологический процесс предполагает необходимость считывания информации на расстоянии в любых погодных условиях. Таким образом, одним из основных видов маркировки, которую возможно внедрить и использовать для достижения подобных целей, является радиочастотная маркировка.

Технология радиочастотной идентификации представляет собой метод автоматического распознавания объектов с использованием радиоволн. RFID-технология, состоящая из считывающего устройства и радиочастотных меток, позволяет быстро и точно считывать информацию о маркированных объектах, что значительно упрощает процессы учета и управления [6].

Считыватели позволяют обеспечить надежное и быстродействующее дистанционное распознавание объектов, грузов, товаров и материалов, маркированных различными видами идентификационных меток, и получить достоверную информацию об объекте, его местонахождении, свойствах, качестве в режиме реального времени.

Метка может содержать данные о типе объекта, его характеристиках и вообще любую информацию, которая может храниться в цифровом виде.

Таким образом, задачей RFID-системы является хранение информации об объекте с возможностью ее удобного считывания. Считыватель сканирует метки по мере их вхождения в зону радиопокрытия и осуществляет их активацию, после чего происходит передача информации, хранящейся на метке, на считывающее устройство. Сигнал, поступающий с антенны считывателя, декодируется и передается через стандартный интерфейс в компьютер для дальнейшей обработки.

Использование технологии радиочастотной идентификации и машиносчитываемой маркировки объектов RFID позволяет в режиме реального времени осуществить распознавание объекта (шаблона, сумки осмотра-ремонтника и т.п.). Определять его характеристики, свойства и параметры в привязке к заводскому, идентификационному и инвентарному номеру, осуществлять распределение по журналам событий и с привязкой к координатным, временным и качественным параметрам.

В систему прослеживаемости целесообразно включать все объекты МТР, и их основные составные части, входящие в эксплуатационную структуру. К эксплуатационной структуре относят все составные части, подлежащие обслуживанию или замене в ходе эксплуатации, в том числе контролю параметров, настройке, монтажу, демонтажу, имеющие ограниченный срок технической пригодности и контролируемые во времени параметры, а также включенные в перечень запасных частей. Основные составные части включают МТР, критичные с точки зрения надежности, безопасности и эксплуатационной технологичности, стоимости, требующие ведения записей в эксплуатационной документации. Такие МТР должны получать уникальные серийные номера, электронный эксплуатационный документ (формуляр, паспорт, этикетку) и прослеживаться индивидуально от изготовления до утилизации. Дополнительно к основным составным частям могут быть отнесены составные части, которые подлежат обслуживанию и замене при выполнении среднего и капитального ремонта, в отношении которых необходимо принятие особых мер обеспечения прослеживаемости в ходе управления жизненным циклом и исключения оборота контрафактных изделий. Схема идентификации и маркирования изделий в процессе производства представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Схема идентификации и маркирования изделий в процессе производства

Для создания эффективного механизма прослеживаемости на производственной и послепроизводственных стадиях жизненного цикла МТР, начиная с поступления материалов и комплектующих изделий в производство и заканчивая утилизацией, или выбытием из эксплуатации МТР и комплектующих, должна быть обеспечена однозначная связь материального потока (сырья, материалов, деталей, узлов, тары, инструмента, оснастки, документации, исполнителей работ, рабочих мест и т. д.) и информационного потока (данных о сырье, материалах, деталях, узлах, таре, инструментах, оснастке, документации, исполнителях работ, рабочих местах и т. д.) в процессах жизненного цикла продукции. Это означает, что информация должна объективно отражать изменения и движение продукции в процессе производства, эксплуатации, ремонта, утилизации и сохранять отличительные признаки объекта идентификации [7-11].

Сбор и ввод данных в информационную систему прослеживаемости продукции в максимальной степени исключает визуальные и ручные операции. Для автоматизированного сбора данных по материальным активам предполагается использование стационарных и мобильных считывающих устройств на местах непосредственной работы с материальными активами, а также использование различных автоматизированных рабочих мест по вводу данных в систему вручную (при отсутствии маркировки на МТР или повреждении маркировки на них). Считываемые (или введенные вручную) данные с таких устройств могут быть переданы в одну или несколько информационных систем, посредством беспроводного или проводного соединения напрямую.

Информационные системы платформ непроизводственных процессов должны включать функционал прослеживаемости материальных активов и ряд подсистем, совокупно обеспечивающих выполнение всех функциональных требований:

- подсистема мониторинга состояния активов, которая обеспечивает функции контроля местонахождения и состояния активов по данным прочих модулей и данным внешних информационных систем;

- подсистема управления УИИ, которая обеспечивает функции создания, согласования, изменения и выдачи уникального идентификатора изделия (далее – УИИ) для различных видов изделий;

- подсистема отчетности, которая обеспечивает функции группировки данных для построения отчетности в разрезе используемых аналитик МЦ;

- программно-аппаратный комплекс «Запись и чтение маркировки» - обеспечивает функции нанесения, чтения маркировки и передачи результатов сканирования в смежные системы (в т.ч. в режиме единого окна в рамках существующих информационных систем Компании).

Модули платформы должны обеспечивать соответствие артикулов, заводских номеров и выданных УИИ для учета во всех информационных системах с помощью УИИ. Производитель получает УИИ и учитывает при маркировке в процессе производства или производитель передает свой идентификатор, для которого в базе данных устанавливается однозначное взаимное соответствие с УИИ.

Общая схема взаимодействия информационных систем представлена на рисунке 2.

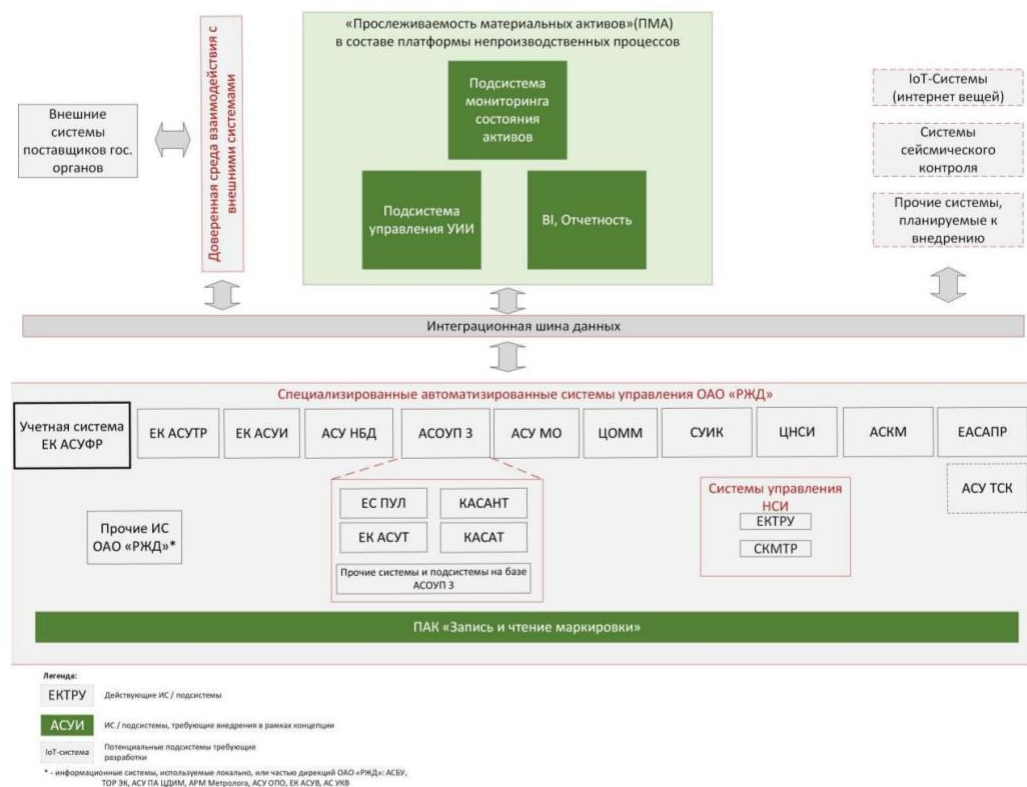


Рис. 2. Схема взаимодействия информационных систем

Для обеспечения корректной работы внедряемой системы и единого информационного пространства необходимо выполнить следующие доработки информационных систем, подразумевающих экзemplярный учет изделий:

- обеспечить возможность хранения УИИ в системе для различных видов изделий (дополнительно к существующему коду СКМТР);
- обеспечить возможность автоматизированного формирования заявок на присвоение УИИ МТР в рамках бизнес-процессов, требующих нанесения маркировки на МТР;
- обеспечить возможность автоматизированного заполнения УИИ по данным проектируемой системы, с учетом различных вариантов согласования заявок на присвоение УИИ (согласована / не согласована / УИИ присвоен без предварительной заявки и т.д.);
- обеспечить интеграцию всех производственных систем, в которых указывается маркировка, идентификационные признаки МТР с учетной системой ЕК АСУФР и с обеспечением ведения бухгалтерского учета по аналитическим признакам активов (поступления, перемещения и выбытия в учетной системе ЕК АСУФР);
- обеспечить возможность формирования и последующей передачи заданий на выполнение работ на складе на основании данных учетной системы ЕК АСУФР (задание на приемку, входной контроль, перемещение МТР на складах и т.д.);
- обеспечить возможность передачи данных об изменении состояния материальных активов (в т.ч. изменении реально местоположения актива) в шину данных, для учета и отражения в проектируемой системе мониторинга жизненного цикла;

– обеспечить возможность взаимодействия информационных систем с программно-аппаратным комплексом «Запись и чтение маркировки» для обеспечения возможности работы с маркировкой в режиме единого окна, или интеграцию с мобильным клиентом, с помощью которого производится обработка данных со средств считывания.

Использование радиочастотной маркировки для учета шаблонов позволит обеспечить возможность визуализации перемещений как самих шаблонов, так и непосредственно работников, в автоматизированных системах. Кроме того, обеспечит возможность осуществлять контроль, учет и оценку их параметров в соответствующих журналах событий согласно нормативным документам как непосредственно в момент проведения контроля и учета, так и в режиме обработки результатов учета на рабочих местах пользователей информации.

В рамках эффективной борьбы с контрафактной продукцией при организации закупок в рамках инвестиционной деятельности и исполнения программы технического обслуживания и ремонта (далее - ТОиР), а также контроля реализации проектных решений в части типа и характеристик закупаемых оборудования, материалов, запасных частей, предлагается при организации закупок включать в состав закупочной документации форму электронного паспорта закупаемых МТР, в котором поставщиком, определенным по итогам закупки, указываются характеристики поставляемых оборудования, материалов, запасных частей, соответствующие проектным решениям (при реконструкции или строительстве объектов) или требованиям технических служб структурных подразделений (при осуществлении деятельности в рамках ТОиР).

Выработанные технические решения, в части создания УИИ, лягут в основу будущих технических требований на разработку информационных систем. Внедрение подобной технологии сделает возможным ускорить внедрение цифровой стратегии с выстраиванием новой системы метрик по отслеживанию выполнения соответствующих планов, что является одним из ключевых показателей эффективности внедрения стратегии цифровой трансформации в мировой практике [12-20].

Библиографический список

1. Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации: указ Президента РФ от 7 июля 2011 №899 // Собрание законодательства РФ. – 2011. – №2. Ст.4168
2. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы»: Постановление Правительства РФ от 20 декабря 2017 №1596// Собрание законодательства РФ. – 2003. – №39. Ст.3766
3. Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года: распоряжение Правительства РФ от 19.03.2019 №466р // Собрание законодательства РФ. – 2019. – №12. Ст.1354
4. Стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 17.06.2008 №877р // Собрание законодательства РФ. – 2008. – №29 (Часть II). Ст.3537
5. **Бархатов, А. П.** Бухгалтерский учет материально-производственных запасов / А. П. Бархатов // Бухгалтерский учет. – 2015. – №1. – с.7-17
6. **Бхубтани, М.** RFID- технологии на службе вашего бизнеса / М. Бхубтани, Ш. Морадпур, – М.: Альпина Паблишер, 2011 г.– 281 с.
7. **Воробьев, П. С.** Актуальность и пути формирования государственной информационной системы прослеживаемости вооружения и военной техники / П. С. Воробьев, А. В. Лежнев, Г. С. Толстов // Вооружение и экономика. – 2019. – №3. – с.55-61

8. Герасимова, А. К. Материальные запасы: вопросов больше чем ответов / А. К. Герасимова, М. С. Скапенкер // Управленческий учет. – 2013. – №11. – с.10-24
9. Кокинз, Г. Управление результативностью: как преодолеть разрыв между объявленной стратегией и реальными процессами / Г. Кокинз. – М.: Альпина Паблишер, 2016 г.– 316 с.
10. Нив, Г. Организация как система: Принципы построения устойчивого бизнеса Эдвардса Деминга / Г. Нив. – М.: Альпина Паблишер, 2017 г.– 370 с.
11. Селиверстов, Ю. И. Цифровая трансформация бизнеса субъектами малого и среднего предпринимательства как фактор роста конкурентоспособности / Селиверстов Ю. И., Рудычев А.А., Дмитриева Ю. А. //Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2020. – №11, с. 531-539
12. Стратегия цифровой трансформации: написать, чтобы выполнить под ред. Потаповой Е. Г., Потеевой П. М., Шклярук М. С. // М.: РАНХИГС, 2021. – с.184
13. Движение по генеральной схеме [Электронный ресурс]. URL: <https://transportrussia.ru/razdely/zheleznodorozhnyj-transport/1680-dvizhenie-pogeneralnoj-skHEME.html>
14. О решениях по итогам совещания о системе маркировки товаров контрольными знаками [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/orders/selection/401/30208/>
15. Показатели основной деятельности ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9394/page/103290?id=17206#header>
16. Правительство России заключило с Ростехом и Ростелекомом соглашения. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.interfax.ru/russia/668607>
17. Развитие отдельных высокотехнологичных направлений. Белая книга [Электронный ресурс]. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/ba6a7585c4b23c85931aace99682ad30/belaya_kniga_2022.pdf
18. Стратегия цифровой трансформации ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php>
19. Технологии автоматической идентификации и сбора данных [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293784/4293784223.pdf>
20. Умные заводы: почему стоит внедрять интернет вещей в промышленность [Электронный ресурс]. URL: <https://hightech.fm/2020/09/14/smart-factorie>

I. A. Yaitskov, M. M. Mukeria

LEAN MANUFACTURING IN MAINTENANCE OF PASSENGER CARS AT THE MAINTENANCE STATION USING DIGITAL TECHNOLOGIES

Abstract. This article examines the problem of providing car inspectors with measuring instruments. The concept of a technological solution is presented, which consists in the implementation of digital technologies, namely RFID (Radio Frequency Identification) marking. A plan for the arrangement of radio frequency identification equipment at the PTO is also presented.

Keywords: Lean manufacturing, material and technical resources, tool life cycle, object marking, digital technologies, equipment at the PTO, combating counterfeit products.

Forcitation: Yaitskov, I. A. Lean Manufacturing in the Maintenance of Passenger Cars at the Maintenance Point Using Digital Technologies / I. A. Yaitskov,

М. М. Mukeria // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya.
– 2025. – № 1. – P. 132 – 138.

Сведения об авторах**Яицков Иван Анатольевич**

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
доктор технических наук, профессор,
декан факультета «Электромеханический»,
e-mail: yia@rgups.ru

Мукерия Маргарита Мамуковна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
студент,
e-mail: rita.mukeriya@mail.ru

Information about the authors**Yaitskov Ivan Anatolievich**

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Cars and Car Economy»,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Dean of the Faculty of «Electromechanical»
e-mail: yia@rgups.ru

Mukeria Margarita Mamukovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Cars and Car Economy»,
Student,
e-mail: rita.mukeriya@mail.ru

Научное издание

**ТРУДЫ
Ростовского государственного университета
путей сообщения**

Научно-технический журнал

№ 1 (70)
2025

**Полнотекстовая версия статей находится в открытом доступе на сайте
Российской научной электронной библиотеки: www.elibrary.ru
Журнал обрабатывается в системах индексов научного цитирования
РИНЦ и Science Index**

Оригинал-макет журнала подготовлен Т. З. Талахадзе

Подписано в печать 28.03.2025.	Формат 60×84/8.	Бумага офсетная.
Дата выхода в свет 28.03.2025.	Усл. печ. л. 16,05.	Изд. № 9.
Печать офсетная.	Тираж 510 экз.	Заказ №11714.
Знак информационной продукции 16+.	Цена свободная.	

**Учредитель:
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)**

**Адрес университета, издателя, редакции, типографии:
344038, Ростовская область, городской округ г. Ростов-на-Дону, г. Ростов-на-Дону,
пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, зд. 2.
Тел. редакции +7 (863) 272-62-74, факс +7 (863) 255-37-85.
E-mail: nis@rgups.ru**