

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

№ 3 (68)
2024

Ростов-на-Дону

ТРУДЫ
Ростовского государственного университета
путей сообщения

2024
№ 3 (68)

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.

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, НАЦОТ, 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 Soobsenia
Scientific Journal

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. Yaitskov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, RSTU, Rostov-on-Don

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

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

<i>Алексеев М. В., Смычок И. А., Чукарин А. Н., Финоченко Т. А.</i> Анализ условий труда работника на предприятиях транспортного машиностроения.....	6
<i>Баланова М. В.</i> Аспекты безопасности работников при возникновении взрывопожарных ситуаций. Теория горения и взрыва	13
<i>Воробинская Л. И.</i> Основные тенденции развития инженерной экологии.....	19
<i>Гричишин М. В.</i> Технические и акустические характеристики гаммы сверлильно-фрезерно-расточных станков.....	24
<i>Завьялов А. Б., Глухих Т. В.</i> Устранение дополнительных препятствий при передвижении людей с ограниченными возможностями на железнодорожном транспорте.....	34
<i>Рыжов С.П., Яицков И.А.</i> Факторы производственного риска при эксплуатации зубодолбежных и зубострогальных станков на участках изготовления редукторов локомотивов.....	39
<i>Тащиян А. А., Плотникова В. В., Панов Е. В., Тащиян В. А.</i> Пространство движения и геометрический образ движения	45

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ,
ТЯГА ПОЕЗДОВ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ

<i>Гребенников Н. В., Зарифьян А. А.</i> Научные основы повышения энергетической эффективности автономных локомотивов с электрической передачей мощности.....	49
<i>Губарев П. В., Больших И. В., Ольховатов Д. В., Шапшал А. С.</i> Моделирование нагрузочных испытаний электровоза после ремонта.....	54
<i>Евтеев Н. С., Мирошниченко Е. Е.</i> Повышение надёжности маслонасоса тягового трансформатора электровоза.....	61
<i>Курилкин Д. Н., Романова А. А., Кириллов Н. В.</i> Влияние учета фактических тяговых свойств тепловозов на точность тяговых расчетов.....	67
<i>Смачный В. Ю.</i> Структурный синтез и исследование силовой схемы преобразователя для питания фаз вентильно-индукторного электропривода.....	73
<i>Талахадзе Т.З., Баланов И. А., Кришталева М. Г.</i> Схемотехнические решения применения модульной силовой установки на локомотивах	79

CONTENTS

LABOUR SAFETY

Alekseev M. V., Smychok I. A., Chukarin A. N., Finochenko T. A. Analysis of Working Conditions of Employees at Transport Engineering Enterprises	6
Balanova M. V. Aspects of Worker Safety in the Event of Fire and Explosion Situations. Combustion and Explosion Theory.....	13
Vorobinskaya L. I., Finochenko V. A., Abdulmanova K. I. The Main Trends in the Development of Engineering Ecology	19
Grichishin M. V. Technical and acoustic characteristics of the range of drilling-milling-boring machines.....	24
Zavyalov A. B., Gluhih T. V. Elimination of Additional Obstacles to the Movement of People with Disabilities on Railway Transport	34
Ryzhov S. P., Yaitskov I. A. Occupational Risk Factors in Operation of Gear-Shaping and Gear-Planing Machines in Locomotive Gearbox Manufacturing Sites	39
Tashiyan A. A., Plotnikova V. V., Panov E. V., Tashiyan V. A. The Space of Motion and the Geometric Image of Motion	45

RAILWAY ROLLING STOCK, TRAIN TRACTION AND ELECTRIFICATION

Grebennikov N. V., Zarifian A. A. Scientific Foundations for Improving the Energy Efficiency of Autonomous Locomotives with Electric Power Transmission.....	49
Gubarev P. V., Bolshykh I. V., Olkhovatov D. V., Shapshal A. S. Simulation of Electric Locomotive Load Tests After the Repair	54
Evteev N. S., Miroshnichenko E. E. Increasing the Reliability of the Oil Pump of the Traction Transformer of an Electric Locomotive	61
Kurilkin D. N., Romanova A. A., Kirillov N. V. The Effect of Taking into Account the Actual Traction Properties of Locomotives on the Accuracy of Traction Calculations	67
Smachney V. Yu. Structural Synthesis and Study of the Power Circuit of the Converter for Powering the Phases of the Switched Reluctance Drive.....	73
Talakhadze T. Z., Balanov I. A., Krishtalev M. G. Circuit Design Solutions for Using a Modular Power Plant on Locomotives	79

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

УДК 621.9 + 06

*М. В. Алексеев, И. А. Смычок, А. Н. Чукарин, Т. А. Финоченко***АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Аннотация. В статье рассматривается проблема безопасности технологических систем предприятий транспортного машиностроения, которая достигается путем предупреждения воздействия на работников производственных факторов в течении всего производственного процесса. В статье структурированы и обоснованы вопросы выбора требований безопасности труда в зависимости от вида воздействующих факторов, их источников, а также в зависимости от технологического режима.

Ключевые слова: транспортное машиностроение, производственные факторы, требования безопасности труда

Для цитирования: Алексеев, М. В. Анализ условий труда работников на предприятиях транспортного машиностроения / М. В. Алексеев, И. А. Смычок, А. Н. Чукарин, Т. А. Финоченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3. – С. 6–12.

Машиностроение относится к числу базовых отраслей промышленности и представлен различными отраслями: транспортное, тяжелое, сельскохозяйственное, авиационное, среднее, точное машиностроение. Предприятия, относящиеся к транспортному машиностроению, оснащаются современным производственным оборудованием, автоматизированными робототехническими и технологическими комплексами. Использование нового высокотехнологичного оборудования помогает решать две важные задачи: во-первых, обеспечить производство качественной продукции, а во-вторых, обеспечить безопасные условия труда. Это, безусловно, необходимо для защиты здоровья и жизни работников, что является важным аспектом современного производства. В тоже время высокий уровень автоматизации и механизации в машиностроении приводит к значительной нагрузке на работников и увеличивает влияние неблагоприятных факторов производственной среды. Сочетание этих воздействий становится причиной развития профессиональных заболеваний работников и усугубления их общих недугов.

Анализ условий труда на предприятиях транспортного машиностроения показывает, что многие производственные факторы также оказывают значительное влияние на производительность и безопасность работников. Так, оборудование, на котором работает работник часто устаревает, не соответствуя современным требованиям безопасности, что повышает риск травматизма. Существует необходимость регулярной модернизации машин и механизмов, что позволяет снижать производственные травмы и улучшать условия труда. Используемое сырье и материалы зачастую могут приводить к профессиональным заболеваниям.

Рассматривая профессиональные заболевания, характерные для предприятий транспортного машиностроения, можно сделать вывод, о их достаточно высоком уровне на протяжении десятилетия, несмотря на принимаемые меры для его снижения. Большинство работников, у которых выявлена профессиональная патология – это те, кто трудился во вредных

и опасных условиях более десяти лет, а среди вновь признанных инвалидами – 20 % составляют сотрудники в возрасте 45-50 лет. По статистическим данным, около 70 % всех заболеваний связано с профессиональной деятельностью, а 40 % потерь трудоспособности обусловлены болезнями, непосредственно или косвенно связанными с неблагоприятными условиями труда. Появляющиеся у работников профессиональные болезни приводят к снижению их трудовой активности и работоспособности, в результате чего из производственного процесса выпадает наиболее квалифицированный и опытный персонал.

Изучение причин возникновения профессиональных заболеваний позволяет выделить несколько ключевых факторов (рисунок 1). Наиболее значительным, до 60 % от всех случаев являются недостатки технологических процессов, на втором месте стоят конструктивные недостатки машин и оборудования – 17 %. Также важным аспектом остается организация рабочего пространства и условия труда – примерно 16 %. Существуют и другие влияющие аспекты, однако они не оказывают значительного влияния на причины возникновения профессиональных заболеваний.

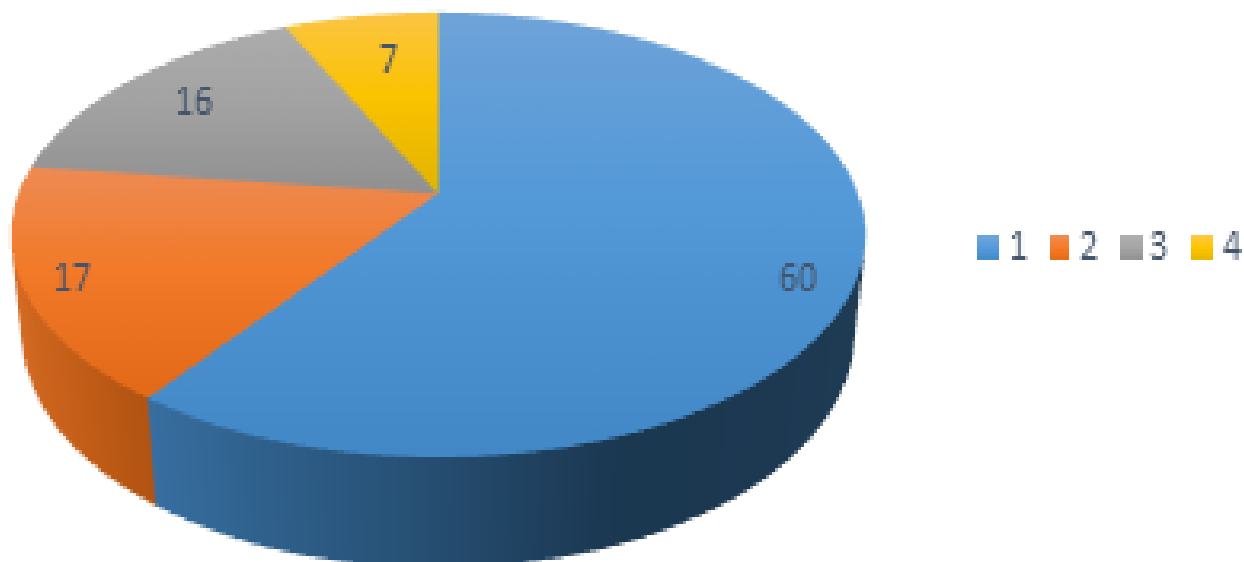


Рис. 1. Причины возникновения профессиональных заболеваний:

1 – несовершенство технологических процессов, 2 – конструктивные недостатки машин и оборудования, 3 – несовершенство условий труда, 4 – другие факторы

В области медицины труда принято выделять пять основных категорий профессиональных заболеваний, связанных с воздействием различных элементов производственной среды и условий работы. Структура профессиональной патологии зависит от конкретного фактора, воздействующего на сотрудника (рисунок 2):

Среди работников транспортного машиностроения преобладают заболевания, возникающие под воздействием физических факторов – до 79 %. Причем в последние годы наметилась тенденция к повышению утраты профессиональной трудоспособности под воздействием указанных факторов. Одной из основных проблем является высокий уровень шума и вибрации на производстве, что может негативно сказываться на здоровье работников. Необходимо проводить регулярные измерения уровня шума и вибрации, а также принимать меры по их снижению, например, установкой звукоизолирующих материалов и амортизаторов.

Важно обратить внимание на условия работы во вредных и опасных производственных факторах, таких как пыль, химические вещества и высокие температуры. Необходимо проводить регулярный мониторинг и анализ воздействия этих факторов на здоровье

работников, а также принимать меры по их снижению, например, установку систем вентиляции и обеспечением работников средствами индивидуальной защиты.

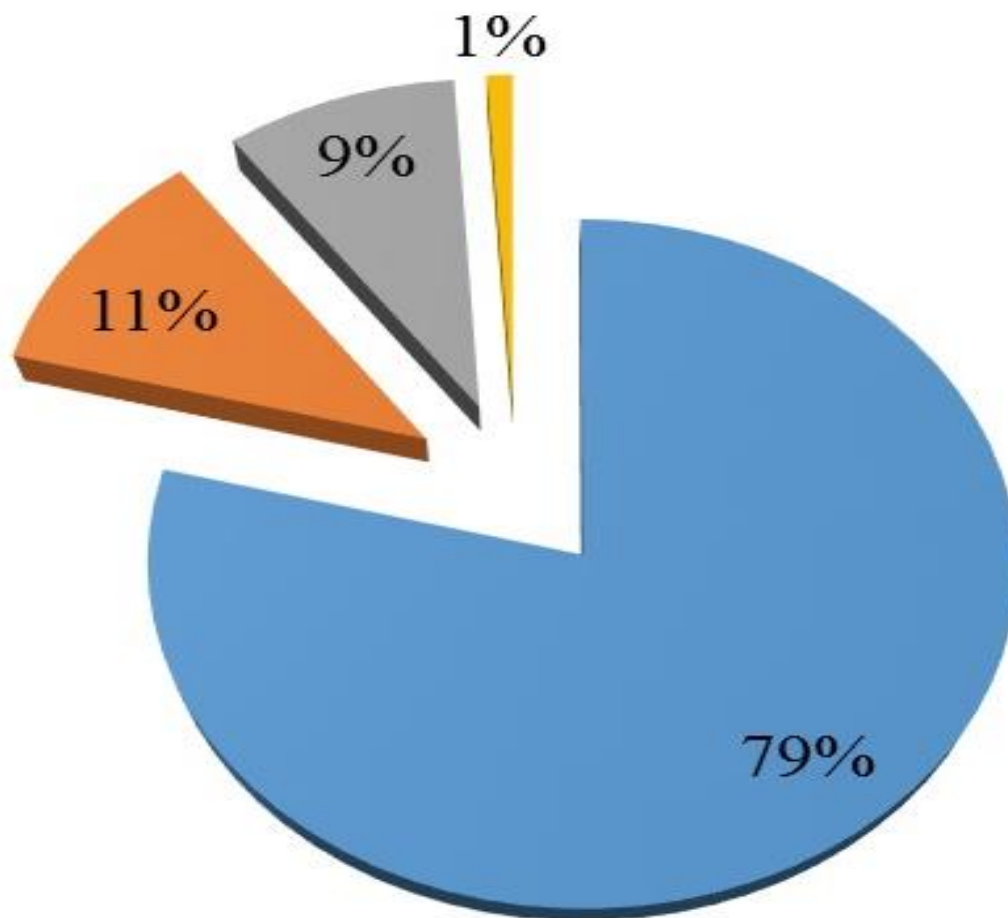


Рис. 2. Структура профессиональной патологии:

79 % – заболевания, вызванные физическими факторами; 11 % – пылевые болезни, вызванные промышленными аэрозолями; 9 % – патологии, связанные с физическими перегрузками органов; 1 % – отравления химическими и биологическими веществами

Еще одной проблемой является недостаточная оснащенность рабочих мест современным оборудованием и инструментами, что может привести к увеличению травматизма и утомляемости работников. Необходимо обеспечить предприятия необходимым оборудованием и инструментами, а также проводить обучение сотрудников по правилам работы с ними. Кроме того, недостатки обучения и инструктажей по охране труда делают работников уязвимыми перед опасностями. Важно внедрять программы повышения квалификации и совершенствования безопасности, создавая культуру ответственности за собственную безопасность и здоровье.

Условия труда станочников определяются влиянием различных факторов производственной среды и рабочего процесса, которые могут нести в себе риск возникновения опасных ситуаций или воздействия вредных элементов. Для предотвращения патологических изменений и заболеваний на законодательном уровне установлены допустимые уровни и концентрации этих факторов, при которых пребывание людей на рабочих местах считается безопасным. Однако если значения этих факторов значительно превышают установленные нормативы, они из допустимых становятся вредными, а продолжительное воздействие может

сделать их опасными. Эти уровни учитываются при проектировании и установке станков и оборудования.

Рабочий, который обслуживает станки, должен быть хорошо знаком с конструкцией оборудования и уметь определять шлифовальные режимы в соответствии с нормативными документами. Труд станочника осуществляется под воздействием комплексного набора производственных факторов, а также характеризуется тяжестью и интенсивностью рабочего процесса. Интенсивность труда оценивается через анализ производственного процесса с использованием хронометражных наблюдений в течение рабочего дня и отражает влияние преимущественно на эмоциональную сферу и центральную нервную систему работника.

Исследования показывают, что при выполнении шлифовальных работ станочник выполняет простые задачи согласно инструкции, такие как настройка станка под конкретную деталь, определение параметров изделия и обработка деталей по чертежам. Также он воспринимает серию сигналов во время выполнения задания, проверяет выполненные работы и, при необходимости, корректирует свои действия. В период работы от 25 до 50 % смены он сосредоточен на наблюдении за объектами. Поэтому, по критерию нагрузки трудового процесса, условия труда станочника считаются допустимыми.

Трудовой процесс характеризуется физическими усилиями, которые вызывают функциональное напряжение организма, преобразующее мышечные нагрузки, воздействующие на опорно-двигательный аппарат и другие системы тела. При операциях протяжки основная нагрузка ложится на мышцы рук и плечевой зоны при переноске тяжестей до 10 кг и средней физической нагрузке. Работа станочников часто предполагает пребывание в положении стоя (60 % рабочего времени), а также перемещения в ограниченном пространстве и физические энергозатраты в размере 201–250 ккал/ч (233–290 Вт). Таким образом, такие условия труда являются средними по тяжести и допустимыми.

Рабочие подвергаются воздействию вредных физических факторов, таких как микроклимат помещения, электромагнитные поля частоты 50 Гц, производственный шум, ультра- и инфразвук, локальная и общая вибрация, аэрозоли с фиброгенным воздействием (пыль), и освещение рабочего места. Эти факторы влияют на степень утомляемости, снижение работоспособности, увеличение риска травматизма и предрасположенности к профессиональным заболеваниям.

Важно отметить, что чем не благоприятнее условия работы, тем быстрее работники утомляются и теряют работоспособность. Например, неудовлетворительный микроклимат на рабочих местах может снижать производительность на 20% в жару и на 30% при низких температурах. Недостаточное освещение усиливает количество ошибок при настройке оборудования и понижает качество обработки. Однако на современных предприятиях эти факторы обычно находятся в допустимых пределах. Проблемы воздействия электромагнитных полей и вибрации при шлифовке возникают редко.

Принимая во внимание вредные химические вещества и аэрозоли (пыль), следует отметить, что при работающей вентиляции в рабочей зоне превышения допустимых концентраций практически не наблюдаются. Основные мероприятия по улучшению условий труда при шлифовке включают оснащение станков защитными экранами и прочими приспособлениями, предотвращающими разбрызгивание смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и облегчающими её отвод с инструмента и заготовок. Тем не менее, во время шлифовки в воздух рабочей зоны попадают абразивная и обработочная пыль, а также пары охлаждающей жидкости, что может вызывать раздражение дыхательных путей и хронические профессиональные заболевания. Контакт СОЖ с кожей может приводить к местным воспалительным процессам.

Основным фактором, влияющим на работников, является шум от работающих станков, оборудования и систем вентиляции. В цеху может находиться до нескольких десятков станков, что значительно повышает уровень шума. Постоянное воздействие шума снижает остроту слуха, приводя к тугоухости, повышает артериальное давление, ухудшает зрение, изменяет

кислотность организма и вызывает нервные расстройства. Этот комплекс заболеваний известен как шумовая болезнь.

В условиях повышенного шума работники находятся в постоянном стрессе, что негативно сказывается на их психоэмоциональном состоянии. Со временем могут развиваться хронические головные боли и мигрени. Ухудшение слуха ведет к проблемам в общении, как на рабочем месте, так и в личной жизни, что, в свою очередь, увеличивает уровень стресса и тревожности. Повышенное артериальное давление, вызванное шумом, увеличивает риск различных сердечно-сосудистых заболеваний, таких как гипертония, инсульты и инфаркты. Кроме того, постоянное напряжение и стресс могут привести к язвам желудка и гастриту. Часто наблюдаются изменения в кислотности организма, что может вызвать метаболические нарушения.

Нарушение зрения, вызванное шумом и вибрацией, может привести к ухудшению четкости и контрастности восприятия, что повышает риск несчастных случаев на производстве. Падает концентрация внимания, снижаются когнитивные функции, что отрицательно сказывается на общем уровне производительности труда.

Для предупреждения шумовой болезни важно обеспечивать рабочие места необходимыми средствами защиты, такими как наушники или затычки для ушей, а также регулярно проводить медицинские осмотры и обеспечивать работников возможностью периодического отдыха в более тихой обстановке. В условиях современного производственного процесса реализация мероприятий по снижению уровня шума и улучшению условий труда должна быть приоритетной, чтобы сохранить здоровье и работоспособность сотрудников.

Для достижения значительных улучшений в условиях труда необходимо также внедрять современные системы управления охраной труда. Это включает регулярные аудиты и инспекции, которые помогут выявлять потенциальные риски и недостатки в организации рабочего процесса. Применение технологий мониторинга состояния оборудования позволит заблаговременно предупреждать о возможных неисправностях, что будет способствовать предотвращению аварийных ситуаций. Не менее значимым является развитие программ по психологическому здоровью на рабочих местах. Стресс и выгорание могут существенно ухудшать производительность труда и вызывать медицинские проблемы. Поддержка ментального здоровья сотрудников через тренинги, консультации и создание комфортной атмосферы в коллективе послужит важным аспектом повышения общей эффективности работы.

Таким образом, комплексный подход к улучшению условий труда в транспортном машиностроении должен включать технические, организационные и социальные меры, что позволит создать безопасное, эффективное и комфортное рабочее пространство для каждого сотрудника. В целом, для улучшения условий труда на предприятиях транспортного машиностроения необходимо уделить внимание оценке и устранению всех возможных проблемных моментов, а также проводить регулярные обучения и тренинги для сотрудников по правилам и мерам безопасности на производстве.

Библиографический список

1. Безопасность жизнедеятельности/ Т. А. Финоченко, И. Г. Переверзев, И. А. Яицков [и др.]; Ростовский государственный университет путей сообщения. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – 308 с. – ISBN 978-5-88814-843-3. – EDN JPKTRR.
2. Методические рекомендации по оценке условий труда для основных профессий ОАО РЖД / В. А. Финоченко, Т. А. Финоченко, В. А. Назимко [и др.]. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2012. – 73 с. – EDN RJONZR.
3. **Таранушина, И. И.** Оформление процедуры выявления опасностей и оценки профессиональных рисков / И. И. Таранушина, О. В. Попова, Т. А. Финоченко // Безопасность

труда в промышленности. – 2020. – № 1. – С. 73-81. – DOI 10.24000/0409-2961-2020-1-73-81. – EDN VVYQJC.

4. **Финоченко, Т. А.** Профессиональный риск на основе специальной оценки условий труда / Т. А. Финоченко, Е. А. Семиглазова // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 3(46). – С. 62. – EDN ZWZEVH.

5. **Яицков, И. А.** Проблемы негативного воздействия производственного шума на работников железнодорожного транспорта / И. А. Яицков, И. Г. Переверзев, Т. А. Финоченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 4. – С. 112-114. – EDN YURPTF.

6. **Borisova, A.** Modern measurement systems in the system of environmental monitoring / A. Borisova, V. Finochenko, T. Finochenko // Academic Journal of Manufacturing Engineering. – 2017. – Vol. 15, No. 4. – P. 94-98. – EDN RYENEX.

7. **Яицкова, Н. М.** Снижение шума металлорежущих станков / Н. М. Яицкова, Т. А. Финоченко, И. Г. Переверзев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 2(51). – С. 112-115. – EDN BIWPKX.

8. **Костюков, А. В.** Обеспечение безопасных условий труда работников энергетических хозяйств предприятий / А. В. Костюков, Т. А. Финоченко // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13, № 2(66). – С. 161-168. – EDN PDTLML.

9. 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.

10. Обеспечение безопасности технологических систем предприятий транспортной инфраструктуры / Т. А. Финоченко, И. А. Баланов, С. В. Борисов [и др.] // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 4(61). – С. 109-113. – EDN VRKCF.

M. V. Alekseev, I. A. Smychok, A. N. Chukarin, T. A. Finochenko

ANALYSIS OF WORKING CONDITIONS OF EMPLOYEES AT TRANSPORT ENGINEERING ENTERPRISES

Abstract: The article discusses the problem of safety of technological systems of transport engineering enterprises, which is achieved by preventing the impact of production factors on workers during the entire production process. The article structures and substantiates the issues of choosing occupational safety requirements depending on the type of influencing factors, their sources, as well as depending on the technological regime.

Key words: transport engineering, production factors, occupational safety requirements.

For citation: Alekseev, M. V. Analysis of Working Conditions of Employees at Transport Engineering Enterprises / M. V. Alekseev, I. A. Smychok, A. N. Chukarin, T. A. Finochenko // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – №. 3. – P. 6–12.

Сведения об авторах**Алексеев Марк Вячеславович**

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

Смычок Игорь Альбертович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
аспирант,
e-mail: smychok83@mail.ru

Чукарин Александр Николаевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
доктор технических наук, профессор

Финоченко Татьяна Анатольевна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой,
e-mail: fta09@bk.ru

Information about the authors**Alekseev Mark Vyacheslavovich**

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

Smychok Igor Albertovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Graduate Student,
e-mail: smychok83@mail.ru

Chukarin Alexander Nikolaevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Doctor of Technical Sciences, Professor

Finochenko Tatyana Anatolyevna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor, Head of the Chair,
e-mail: fta09@bk.ru

УДК 656.21 + 06

*М. В. Баланова***АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТНИКОВ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ
ВЗРЫВОПОЖАРНЫХ СИТУАЦИЙ. ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА**

Аннотация. В статье рассмотрены теоретические особенности горения и взрывов дефлаграционного типа. Показано, что скорость пламени и квазистатическое давление взрывов дефлаграционного типа в значительной степени влияет на особенности процессов разрушения различных строительных конструкций. Установлено, что в случае взрыва газа в здании крайне важно смягчить его последствия как для пользователей, так и для конструкции, при этом гашение волны взрыва с помощью вентиляционных каналов является высокоэффективным методом защиты конструкций зданий.

Ключевые слова: теоретические основы, горение, взрыв, дефлаграционные, факторы.

Для цитирования: Баланова, М. В. Аспекты безопасности работников при возникновении взрывопожарных ситуаций. Теория горения и взрыва / М. В. Баланова// Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3.– С. 13–18.

Введение. Актуальность работы связана с увеличением случаев аварийных взрывов в помещениях, сопровождающихся гибелью людей и разрушением строительных конструкций [1]. Проблемы контроля и недопущения взрывов газа в различных зданиях и сооружениях связаны с предотвращением обрушения их отдельных составляющих и элементов, например, окон или дверей, так и к повреждению несущих конструкций, что может способствовать потере структурной целостности здания.

Именно поэтому актуальной проблематикой изучения являются теоретические особенности горения и взрывов в рамках формирования мероприятий по минимизации допущения данных негативных явлений.

Цель статьи – исследовать теорию горения и взрыва. В задачи исследования работы входят предоставление некоторых рекомендаций по исследованию дефлаграционных взрывов в помещениях и особенностей взрывов, вызванных утечкой газа.

Основная часть. Основной задачей проектирования конструкций и элементов зданий и сооружений с позиции надёжности в отношении взрывов и процессов горения от различных причин является учет надпроектных нагрузок. Надпроектные нагрузки можно разделить на две большие группы: природные и техногенные (рис. 1).

В некоторых случаях внутренние аварийные взрывы могут не вызывать полное обрушение и потерю формы и целостности зданий и сооружений. Однако, в большинстве аварийных случаев взрывы с последующим горением приводят как к частичной, так и к полной потере целостности зданий и его элементов [2].

На рисунке 2 представлена обобщенная схема теории горения веществ [3]. Ведутся исследования и анализ различных взрывоопасных ситуаций с целью выявления оптимальных объемно-планировочных и конструктивных решений для указанных зданий относительно конкретных условий их эксплуатации. На основании данных об ожидаемых последствиях внутренних аварийных взрывов оценивается экономический риск при эксплуатации построек со взрывоопасными производствами. В некоторых случаях внутренние аварийные взрывы могут не вызывать разрушения строительных конструкций. [4].

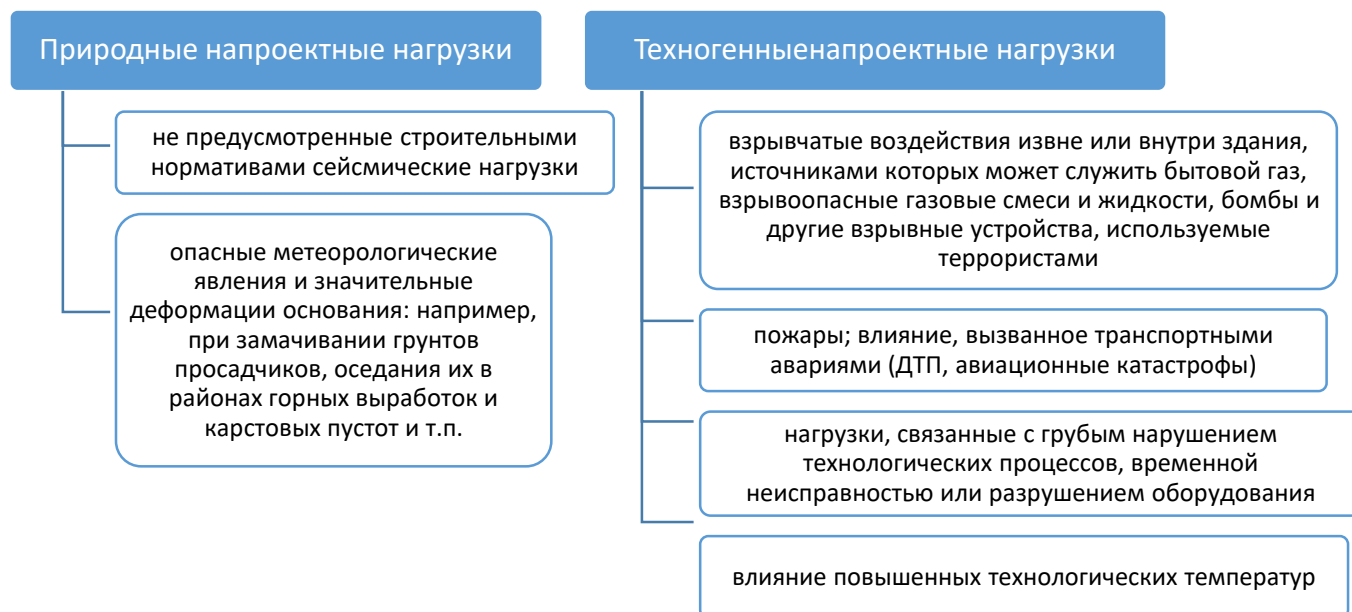


Рис. 1. Типология надпроектных нагрузок



Рис. 2. Схема теории горения веществ

Основной физической характеристикой, которая оценивает разрушительные последствия взрыва в зданиях и сооружениях, является уровень избыточного давления Δp_m , действующего на элементы этого ограждения [5].

При определении Δp_m сначала целесообразно устанавливать чрезмерное давление $\Delta p_{m.кв}$, которое возникает во всем помещении (как при квазистатическом процессе).

Для определения $\Delta p_{m.кв}$ могут использоваться зависимости, предназначенные для расчета предохранительных конструкций.

Расчеты, связанные с прогнозированием последствий внутренних аварийных взрывов могут быть использованы для установления причины дефлаграционных взрывов. В частности, выражение для расчета $\Delta p_{m.кв}$ может быть предоставлено в следующем виде:

$$\Delta p_{m.кв}^{1/2} = \frac{0,105 u_{н.р.} \alpha_{г.} (\varepsilon_c - 1) \beta_{\mu} K_{\phi} V_{пом}^{2/3} \rho_0^{1/2}}{\sum_{i=1}^n S_{k.i} K_{разр.i}}, \quad (1)$$

где $u_{н.р.}$ – расчетная нормальная скорость пламени, м/с;

$\alpha_{г.}$ – показатель интенсификации взрывного горения ГС;

ε_c – расчетная мера сжатия продуктов горения при взрывном горении ГС в замкнутом объеме;

β_{μ} – коэффициент, учитывающий влияние меры заполнения объема взрывоопасного помещения ГС на величину $\Delta p_{m.кв}$;

K_{ϕ} – коэффициент, учитывающий влияние формы взрывоопасного помещения и эффекта утечки продуктов горения ГС на величину $\Delta p_{m.кв}$; $V_{пом}$ свободный объем взрывоопасного помещения, м³;

ρ_0 – расчетная плотность газа во взрывоопасном помещении перед возгоранием ГС, кг/м³;

$S_{k.i}$ – площадь перекрывающихся отверстий во внешнем ограждении взрывоопасного помещения конструкциями i-го типа, которые могут раскрываться при внутреннем аварийном взрыве, м²;

$K_{разр.i}$ – коэффициент, характеризующий разрушение конструкций i-го типа при внутреннем аварийном взрыве;

n – число типов конструкций во внешнем ограждении взрывоопасного помещения, которые могут раскрываться при внутреннем аварийном взрыве.

Объем помещения $V_{г.пом}$, занятый продуктами горения горючей смеси, может определяться по формуле:

$$V_{г.пом} = \begin{cases} V_{0.пом} & \text{при } V_{0.пл.кв} \geq V_{0.пом} \\ V_{0.пл.кв} & \text{при } V_{0.пл.кв} \leq V_{0.пом} \end{cases} \quad (2)$$

где оценка объема пламени (при квазистатическом процессе) $V_{0.пл.кв}$ определяется по формуле:

$$V_{0.пл.кв} = 0,5 \mu_v V_{0.пом} \varepsilon_p \left[2 - \frac{\Delta p_{m.кв}}{(\varepsilon_c - 1) p_0} \right], \quad (3)$$

где μ_v – мера заполнения помещения ГС и его участия во взрыве;

ε_p – расчетная мера теплового расширения продуктов горения ГС;

p_0 – давление в помещении перед возгоранием ГС.

Значения μ_v , ε_p и ε_c , входящие в выражения (1) и (3), определяются по формулам:

$$\mu_v = \frac{M_{г.зг}}{V_{пом} C} \quad (4)$$

$$\varepsilon_p = 0,5(\varepsilon_{p.\text{НКМГ}} + \varepsilon_{p.\text{max}}), \quad (5)$$

$$\varepsilon_c = 0,5(\varepsilon_{c.\text{НКМГ}} + \varepsilon_{c.\text{max}}), \quad (6)$$

$$V_{\text{пом}} = V_{0.\text{пом}}(1 - \theta_3), \quad (7)$$

Для определения K_Φ в выражении (1) используется формула:

$$K_\Phi = \begin{cases} 0,5 (b_n^2 + h_n^2) / V_{0.\text{пом}}^{2/3} & \text{при } h_n \leq a_n \\ 0,5 (b_n^2 + h_n^2) / V_{0.\text{пом}}^{2/3} & \text{при } h_n \geq a_n \end{cases} \quad (8)$$

где a_n , b_n и h_n длина, ширина и высота взрывоопасного помещения.

На рис. 3 представлен график избыточного давления, который построен на основе реальных измерений параметров взрыва, выполненных в рамках испытаний на стойкость к взрывным нагрузкам [6].

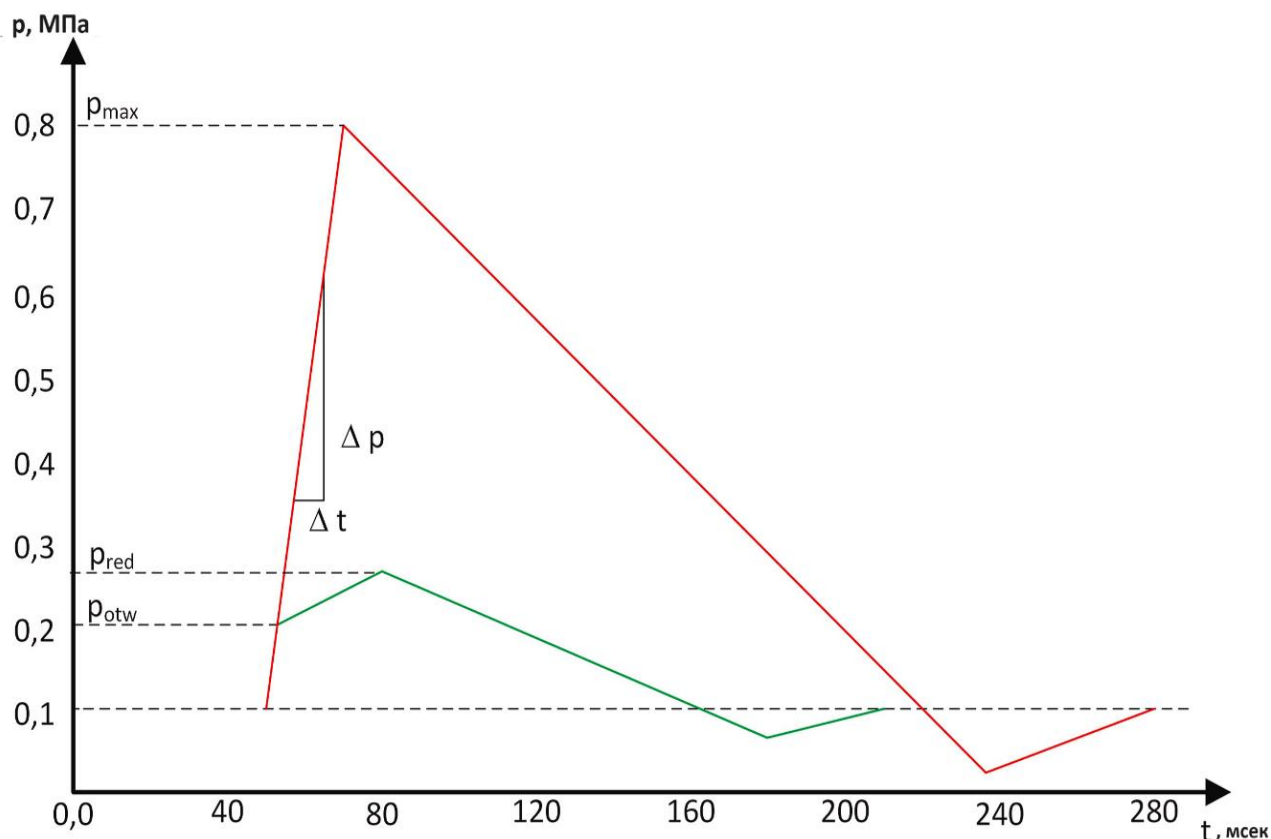


Рис. 3. Идеализация хода изменения избыточного давления в замкнутом пространстве при срабатывании (зеленая линия) или выходе из строя (красная линия) вентиляционного отверстия [6]

Идеализированный график взрыва показывает, что как при активации вентиляционного отверстия, так и при его отказе, интенсивность увеличения скорости резкого повышения избыточного давления $\Delta p / \Delta t$, в несколько раз превышает скорость его рассеивания. Активация вентиляционного отверстия при избыточном давлении p_{otw} существенно снижает воздействие

взрыва на несущую конструкцию здания от $p_{\max}$ до p_{pred} , что также во много раз ниже максимального значения (рис. 2 – зеленая линия).

При взрывах газов, применяемых в жилых и общественных зданиях, максимальная деформация элементов конструкций возникает при избыточном давлении, соответствующем значению приведенного избыточного давления $p_{\text{обс}} \approx p_{\text{pred}}$ [6]. Явление взрыва в замкнутых пространствах кубической формы имеет дефлаграционное течение, т.е. горение происходит со скоростью, не превышающей скорость звука в газовой смеси перед воспламенением [6].

Выводы. Основной задачей проектирования конструкций и элементов зданий и сооружений с позиции надёжности в отношении взрывов и процессов горения от различных причин является учет надпроектных нагрузок. В некоторых случаях внутренние аварийные взрывы могут не вызывать полное обрушение и потерю формы и целостности зданий и сооружений. Однако, в большинстве аварийных случаев взрывы с последующим горением приводят как к частичной, так и к полной потере целостности зданий и его элементов.

Показано, что скорость пламени и квазистатическое давление дефлаграционного взрыва в значительной степени влияет на характер разрушений ограждающих конструкций. Показано, что в случае взрыва газа в здании крайне важно смягчить его последствия как для пользователей, так и для конструкции, при этом гашение волны взрыва с помощью вентиляционных каналов является высокоэффективным методом защиты конструкций зданий.

Библиографический список

1. **Warnatz J., Maas U., Dibble R. W.** Combustion: Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation. – Springer, 2006. – 378 p. – ISBN 978-3-540-45363-5
2. **Kuo K. K., Acharya R.** Fundamentals of Turbulent and Multi-Phase Combustion. – John Wiley & Sons., 2012. – 864 p. – ISBN 978-1-118-09929-2.
3. **Азатян, В. В.** Управление горением, взрывом и детонацией газов химическими методами / В. В. Азатян, Г. К. Ведешкин, Ю. М. Филатов // Вестник Российской академии наук. - 2019. - Т. 89. - №3. - С. 279-284. DOI: 10.31857/S0869-5873893279-284
4. **Azatyan, V. V.** Determining Role of the Branched-Chain Reaction Mechanism in Combustion, Explosion and Detonation of Gases (2013) J. Chem. Chem. Eng. 7, pp. 577 – 590. DOI: 10.1134/S2079978017020017
5. **Gubanov S. M., Krainov A. Yu., Shinkevich R. A.** Modeling of Aerodynamics and Heat-and-Mass Transfer on Ventilation of Industrial Enclosures (2022) Atomic Energy 131(3), pp. 153–158. DOI: 10.1007/s10512-022-00858-4
6. **Баланова, М. В.** Роль «человеческого фактора» в обеспечении безопасности железнодорожного транспорта / Переверзев И. Г., Финоченко Т. А., Баланова М. В., Гомелев В. В. // В сборнике: Транспорт и логистика: стратегические приоритеты, технологические платформы и решения в глобализованной цифровой экономике. сборник научных трудов III международной научно-практической конференции. 2019. С. 303-307.
7. **Finochenko T., Yizkov I, Dergacheva L.** Risk Management in Transportation Safety System. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Volume 2, pp. 144-145 (2021).
8. **Borisova A., Finochenko V., Finochenko T.** Modern measurement systems in the system of environmental monitoring. Academic Journal of Manufacturing Engineering, 2017. – 15(4) –pp. 94-98.
9. **Bak A., Chmielewski R.** Analysis of repair works to remove the effects of structural failure after a gas explosion (2019) MATEC Web of Conferences 284, Article 02002. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201928402002>

M. V. Balanova

**ASPECTS OF WORKER SAFETY
IN THE EVENT OF FIRE AND EXPLOSION SITUATIONS.
COMBUSTION AND EXPLOSION THEORY**

Abstract. The article examines the theoretical features of deflagration-type combustion and explosions. It has been established that the variety of causes leading to emergency explosions, as well as the conditions for the formation and ignition of a cloud of flammable mixture formed in an explosive room, determines the different nature of the effect of explosions on building structures. It is shown that the flame speed and quasi-static pressure of a deflagration explosion significantly influence the nature of destruction of enclosing structures. It has been established that in the event of a gas explosion in a building, it is extremely important to mitigate the consequences for both users and the structure, and damping the explosion wave using ventilation ducts is a highly effective method of protecting building structures.

Keywords: theoretical foundations, combustion, explosion, deflagration factors.

For citation: Balanova, M. V. Aspects of Worker Safety in the Event of Fire and Explosion Situations. Combustion and Explosion Theory / M. V. Balanova // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – № 3. – P. 13–18.

Сведения об авторах

Баланова Мария Васильевна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
кандидат технических наук, доцент
e-mail: fmv04@mail.ru

Information about the authors

Balanova Maria Vasilievna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
e-mail: fmv04@mail.ru

УДК 504.75 + 06

Л. И. Воробинская, В. А. Финоченко, К. И. Абдульманова

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Аннотация. В статье рассматриваются основные тенденции развития инженерной экологии. В последние годы этой области уделяется значительное внимание в связи с растущим осознанием воздействия деятельности человека на окружающую среду. Сегодня основными тенденциями развития инженерной экологии являются: повышенное внимание к устойчивому развитию, интеграция технологий, интеграция возобновляемых источников энергии, Разработка новых материалов с улучшенными экологическими свойствами.

Ключевые слова: инженерная экология, устойчивое развитие, экологический мониторинг, возобновляемые источники энергии, материалы с улучшенными биологическими свойствами.

Для цитирования: Воробинская, Л. И. Основные тенденции развития инженерной экологии/ Л. И. Воробинская, В. А. Финоченко, К. И. Абдульманова// Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3 – С. 19–23.

Инженерная экология - это междисциплинарная область, которая объединяет принципы инженерии, экологии и науки об окружающей среде для разработки устойчивых решений экологических проблем. В последние годы этой области уделяется значительное внимание в связи с растущим осознанием воздействия деятельности человека на окружающую среду. Выделяют следующие основные тенденции развития инженерной экологии.

1. Повышенное внимание к устойчивому развитию: поскольку опасения по поводу изменения климата и ухудшения состояния окружающей среды продолжают расти, все большее внимание уделяется разработке и внедрению инженерных решений, которые являются новаторскими и оказывают минимальное воздействие на окружающую среду. Одним из таких направлений является формирование устойчивой городской среды. По мере того как все больше и больше людей переезжают в города, растет потребность в проектировании городских экосистем и управлении ими таким образом, чтобы они были устойчивыми и способствовали сохранению биоразнообразия. Инженерная экология может сыграть ключевую роль в этом процессе. Этот подход к городскому планированию включает в себя различные стратегии:

- развитие, ориентированное на увеличение доли использования общественного транспорта по отношению к личному: эта стратегия предполагает проектирование городов с использованием систем общественного транспорта, таких как автобусы, метро и поезда. Поступая таким образом, города могут уменьшить свою зависимость от частных транспортных средств, что может помочь уменьшить пробки на дорогах, загрязнение воздуха и выбросы парниковых газов.

- экологичное строительство: предполагает проектирование и постройку зданий, которые являются энергоэффективными, водосберегающими и изготовлены из экологически чистых материалов.

- городское сельское хозяйство: предполагает выращивание продуктов питания в городах, будь то в общественных садах, на фермах, на крышах или на вертикальных фермах. Такой подход может помочь расширить доступ к свежим и здоровым продуктам питания, сократить количество пищевых отходов и способствовать сохранению биоразнообразия.

2. Интеграция технологий: использование передовых технологий, таких как искусственный интеллект, машинное обучение и Интернет вещей (IoT), становится все более

распространенным в инженерной экологии. Эти технологии могут помочь оптимизировать экологические инженерные системы, повысить их эффективность и контролировать их работу. В области инженерной экологии за последние годы было достигнуто несколько значительных технологических достижений:

- технологии управления отходами и их вторичной переработки: достижения в этой области привели к созданию более эффективных и экологически безопасных методов обращения с отходами. Набирает обороты концепция экономики замкнутого цикла в сфере обращения с отходами. Инженеры-экологи работают над технологиями преобразования отходов в ресурсы, такими как рекуперация энергии из отходов. Например, плазменная газификация - это технология, использующая высокие температуры для преобразования органических отходов в синтез-газ, который может быть использован для выработки электроэнергии.

- технологии улавливания и хранения углерода: такие технологии предполагают улавливание выбросов CO₂ из таких источников, как электростанции, и их последующее хранение под землей. Это может помочь снизить количество парниковых газов, выбрасываемых в атмосферу.

- очистка сточных вод и повторное использование воды: достижения в области технологий очистки сточных вод позволили повторно использовать воду, что является важным достижением в условиях растущего глобального дефицита воды. Мембранная фильтрация, ультрафиолетовое обеззараживание и усовершенствованные процессы окисления - вот некоторые из технологий, которые находятся на переднем крае этой тенденции.

- управление качеством воздуха: поскольку загрязнение воздуха становится глобальной проблемой, инженеры-экологи работают над инновационными решениями для улучшения качества воздуха. Это включает в себя разработку передовых систем очистки воздуха и внедрение политики по сокращению выбросов. [1]

- технологии экологического мониторинга: использование спутниковой съемки, беспилотных летательных аппаратов и датчиков, упростили мониторинг и отслеживание изменений окружающей среды, таких как вырубка лесов, загрязнение воздуха и воды, а также изменение климата. Инженеры-экологи используют эти инструменты для сбора данных об условиях окружающей среды в режиме реального времени и принятия обоснованных решений по управлению окружающей средой.

3. Интеграция возобновляемых источников энергии. В последние годы возобновляемые источники энергии вызывают значительный интерес и активно развиваются. Интеграция возобновляемых источников энергии стала ключевым направлением для многих стран и организаций, стремящихся уменьшить свою зависимость от ископаемого топлива и сократить выбросы парниковых газов. Существует несколько видов возобновляемых источников энергии, включая солнечную, ветровую, гидро-, геотермальную и биомассу. Каждый из этих источников имеет свои сильные и слабые стороны, и пригодность каждого из них зависит от различных факторов, таких как местоположение, доступность ресурсов и инфраструктура. [2]

4. Смягчение последствий изменения климата и адаптация к ним:

Последствия изменения климата, такие как повышение температуры, изменение характера выпадения осадков, а также увеличение частоты и серьезности экстремальных погодных явлений, уже ощущаются во всем мире. Эти последствия могут иметь серьезные последствия для здоровья людей, продовольственной безопасности, водных ресурсов и экономического развития.

Некоторые примеры адаптационных мер включают в себя:

- разработку систем раннего предупреждения об экстремальных погодных явлениях;
- совершенствование методов управления водными ресурсами и ирригации;
- внедрение устойчивых к изменению климата методов ведения сельского хозяйства;
- защита и восстановление экосистем;

– разработка и внедрение новых технологий, таких как выращивание засухоустойчивых культур или создание инфраструктуры для защиты побережья; внедрение политики и нормативных актов, способствующих устойчивости к изменению климата, таких как строительные нормы и правила, учитывающие будущее повышение уровня моря.

Важно отметить, что, хотя адаптация может помочь уменьшить негативные последствия изменения климата, она не может полностью устранить их. Кроме того, усилия по адаптации могут быть сложными и дорогостоящими и могут потребовать значительных изменений в существующих методах и системах. Поэтому важно также сосредоточиться на устранении причин изменения климата, таких как сокращение выбросов парниковых газов, чтобы ограничить необходимость адаптации в будущем. [3]

5. Разработка новых материалов с улучшенными экологическими свойствами также является ключевым направлением в инженерной экологии. Эти материалы разработаны таким образом, чтобы оказывать меньшее воздействие на окружающую среду на протяжении всего их жизненного цикла, от производства до утилизации. Сюда входят материалы, изготовленные из возобновляемых источников, для производства которых требуется меньше энергии, которые производят меньше выбросов в атмосферу и которые после использования могут быть легко переработаны или превращены в компост.

Некоторые примеры материалов с улучшенными экологическими свойствами включают:

1) биопластики – это пластмассы, которые производятся из возобновляемых источников, таких как кукурузный крахмал или сахарный тростник, а не из нефти. После использования их можно компостировать, что сокращает количество отходов, отправляемых на свалку.

2) переработанные материалы, которые были переработаны из отходов производства, такие как пластиковые бутылки или металлические банки, могут быть использованы для производства новых продуктов. Это снижает потребность в новом сырье и уменьшает количество отходов.

3) низкоэнергетические материалы: материалы, для производства которых требуется меньше энергии, такие как изоляционные материалы из переработанного денима или стекла, могут помочь сократить выбросы парниковых газов.

4) нетоксичные материалы: материалы, не содержащие вредных химических веществ, таких как формальдегид или летучие органические соединения, могут улучшить качество воздуха в помещении и снизить риск возникновения проблем со здоровьем.

6. Образование и повышение осведомленности населения об экологических проблемах. Для достижения этих целей применяются следующие методики:

- образование и информационно-пропагандистская деятельность: организация рабочих совещаний, семинаров или вебинаров, чтобы рассказать людям о важности экологии и воздействии деятельности человека на окружающую среду.

- вовлечение местного сообщества в экологически чистые мероприятия, такие как посадка деревьев, кампании по очистке территории или инициативы по переработке отходов.

- компании в социальных сетях, для охвата более широкой аудитории.

- сотрудничество с экологическими организациями, школами или предприятиями.

- внедрение экологических методов в повседневную жизнь: сокращение потребления энергии, использование общественного транспорта или выбор экологически чистых продуктов. [4-6]

Эти тенденции отражают растущее признание важности экологической устойчивости и роли экологической инженерии в ее достижении [7, 8]. Однако важно отметить, что, хотя эти тенденции представляют собой значительный прогресс, в области экологической инженерии по-прежнему существует множество проблем, требующих решения [9]. Успешное внедрение решений в области инженерной экологии требует сотрудничества между инженерами, экологами, политиками и другими заинтересованными сторонами.

Развитие инженерной экологии продолжает оставаться необходимым условием для гармоничного сосуществования человеческой цивилизации и природы. Постоянное

совершенствование технологий, нормативов и практик позволяет адаптировать производственные процессы к вызовам устойчивого развития, обеспечивая при этом улучшение качества жизни и сохранение природного наследия для будущих поколений.

Библиографический список

1. **Байрамова, Г. М.** Роль промышленной экологии в устойчивом развитии и сохранении природных ресурсов / Г. М. Байрамова, С. Б. Данатарова // Всемирный ученый. 2024. №17.
2. **Мередов Е. Н., Нармамедова Р. Ш., Хамраев А. Б.** Экологическая химия: стратегии и инновации для сохранения окружающей среды // Вестник науки. 2024. №3 (72).
3. **Снакин, В. В.** Низкоуглеродная энергетика и глобальное потепление климата // Жизнь Земли. 2024. №1.
4. **Танырбердиева Н., Танырбердиева Э.** Интегративное обучение экологии: интеграция экологических исследований и практик в систему образования для устойчивого развития // Вестник науки. 2024. №3 (72).
5. **Воробинская, Л. И.** Актуальные проблемы экологической политики на железнодорожном транспорте / Л. И. Воробинская, В. А. Финоченко // Сборник научных трудов «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России» («ТрансПромЭк-2019»): труды Международной научно-практической конференции, 90-летию Ростовского государственного университета путей сообщения посвящается, Ростов-на-Дону, 24–26 октября 2019 года. Том 1, 2019. – С. 92-95. – EDN ABGGTB.
6. **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.
7. **Воробинская, Л. И.** Экологические проблемы железнодорожного транспорта: обзор и пути решения / Л. И. Воробинская // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2(67). – С. 29-33. – EDN GMUJEW.
8. **Финоченко, В. А.** Анализ экозащитных технологий на станциях реостатных испытаний локомотивных депо / В. А. Финоченко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 2(86). – С. 42-47. – DOI 10.46973/0201-727X_2022_2_42. – EDN NHFIJL.
9. **Финоченко, В. А.** Технологии защиты окружающей среды от воздействия железнодорожного транспорта / В. А. Финоченко, Т. А. Финоченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 1(54). – С. 62-64. – EDN ZHQSNH.

L. I. Vorobinskaya, V. A. Finochenko, K. I. Abdulmanova

THE MAIN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Abstract. The article discusses the main trends in the development of environmental engineering. In recent years, considerable attention has been paid to this area due to the growing awareness of the impact of human activities on the environment. Today, the main trends in the development of environmental engineering are: increased attention to sustainable development, integration of technologies, integration of renewable energy sources, Development of new materials with improved environmental properties.

Keywords: engineering ecology, sustainable development, environmental monitoring, renewable energy sources, materials with improved biological properties

For citation: Vorobinskaya, L. I. The Main Trends in the Development of Engineering Ecology / L. I. Vorobinskaya, V. A. Finochenko, K. I. Abdulmanova // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – № 3. – P. 19–23.

Сведения об авторах

Воробинская Лидия Ивановна

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

Финоченко Виктор Анатольевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения,
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
доктор технических наук, профессор,
декан энергетического факультета,
e-mail: fin@rgups.ru

Абдульманова Кира Игоревна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
ассистент,
e-mail: Kira_igorevna@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

Finochenko Victor Anatolyevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Dean of Power Department,
e-mail: fin@rgups.ru

Abdulmanova Kira Igorevna

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

УДК 621.9 + 06

М. В. Гричишин

ТЕХНИЧЕСКИЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАММЫ СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКОВ

Аннотация. В статье рассматриваются технические характеристики гаммы сверлильно-фрезерно-расточных станков, предназначенных для фрезерования концевыми, торцовыми, дисковыми фрезами, сверления, растачивания, нарезания резьбы метчиками, развертывания, зенкерования. В первую очередь выделяют размер и материал обрабатываемых заготовок, также мощность станка, определяющая его производительность, скорость вращения шпинделя и тип привода. Акустические характеристики, в свою очередь, важны для безопасности операторов и соблюдения нормативов по шумовым загрязнениям на производственных предприятиях.

Ключевые слова: сверлильно-фрезерно-расточные станки, технические характеристики, акустические факторы.

Для цитирования: Гричишин, М. В. Технические и акустические характеристики гаммы сверлильно-фрезерно-расточных станков / М. В. Гричишин // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3. – С. 24–33.

Гамма сверлильно-фрезерно-расточных станков (рис.1) предназначена для выполнения технологических операций фрезерования деталей их чугуна, стали, цветных металлов и пластмасс концевыми, торцовыми и дисковыми фрезами, а также сверления, растачивания, нарезания резьбы метчиками, развертывания, зенкерования. Технические характеристики станков данного типа приведены в таблице 1.



Рисунок 1. Горизонтально и вертикально фрезерный станки

Таблица 1

Технические характеристики сверлильно-фрезерно-расточных станков

[illegible]

Классификация станков для операций сверления, фрезерования и расточки проводится на основе множества ключевых технических характеристик. В первую очередь выделяют номинальные размеры обрабатываемых заготовок, которые могут существенно варьироваться в зависимости от назначения оборудования. Также важными параметрами являются мощность станка, которая определяет его производительность и возможность обработки различных материалов, и скорость вращения шпинделя, влияющая на качество и точность обработки. Помимо этого, конструктивные особенности, такие как тип привода, система управления и наличие дополнительных опций (например, системы охлаждения или автоматической смены инструмента), играют значительную роль в классификации. При выборе станков для сверления, фрезерования и расточки необходимо учитывать возможность интеграции оборудования в автоматизированные производственные линии. Сегодня предприятия стремятся к максимальной автоматизации процессов, что требует от оборудования соответствия стандартам совместимости с системами автоматического управления и промышленными роботами. Станки с возможностью подключения к единой системе управления производством обеспечивают более высокий уровень контроля и анализа производственного процесса, что позволяет снижать издержки и повышать производительность.

Важную роль в повышении эффективности работы станков играют инновационные подходы к обеспечению точности обработки и качества готовой продукции. Современные технологии, такие как адаптивное управление и интеграция искусственного интеллекта в систему контроля станка, позволяют осуществлять динамическую подстройку параметров обработки в зависимости от состояния заготовки и особенностей материалов. Это не только улучшает финальные характеристики изделий, но и способствует увеличению срока службы оборудования, снижая риск преждевременных поломок.

С точки зрения виброакустических свойств, сверлильные, фрезерные и расточные станки также демонстрируют разнообразие. Вибрация, возникающая в процессе работы, может негативно сказываться на качестве обработанной поверхности, влияя на точность и долговечность станка. Для минимизации вибрационных колебаний в современных станках

используются различные методы, такие как динамическое балансирование вращающихся частей и применение демпфирующих материалов в конструкции установки. Акустические характеристики, в свою очередь, важны для безопасности операторов и соблюдения нормативов по шумовым загрязнениям на производственных предприятиях.

Не стоит забывать и об экологических аспектах работы станков. Учитывая растущие требования к снижению вредных выбросов и потребления энергии, производители активно разрабатывают энергоэффективные модели оборудования, которые позволяют существенно сократить операционные расходы и снизить воздействие на окружающую среду. С точки зрения акустических свойств станки демонстрируют разнообразие. Возникающая вибрация, может сказываться на качестве обработанной поверхности, влияя на точность обработки.

Станок сверлильно-фрезерно-расточной модели ИР320ПМФ4 (рис.2) для горизонтальных обрабатывающих центров с инструментальным магазином барабаном револьверного типа, автоматической сменой инструмента и обрабатываемых деталей предназначен для обработки малогабаритных корпусных деталей сложной конфигурации.



Рисунок 2. Общий вид сверлильно-фрезерно-расточного станка модели ИР320ПМФ4

На станке ИР320ПМФ4 производится сверление, зенкерование, развертывание, растачивание точных отверстий, связанных координатами, фрезерование по контуру с линейной и круговой интерполяцией, нарезание резьб метчиками и резцом.

Станок модели 2623ПМФ4 (рис. 3а) предназначен для консольной обработки корпусных заготовок массой до 4000 кг, имеющих точные отверстия, связанные между собой точными расстояниями.



а)



б)

Рисунок 3. Общий вид станков моделей: а) 2623ПМФ4; б) 2204ВМФ4

На станке модели 2204ВМФ4 (рис. 3б) можно производить получистовое и чистовое фрезерование плоскостей, пазов и криволинейных поверхностей различными типами фрез, а также растачивание, сверление, зенкерование, развертывание отверстий и нарезание резьбы метчиками и резцами по заданной программе.

Сверлильно-фрезерно-расточной станок модели 2254ВМФ4 (рис. 4) с крестовым столом, вертикальный, с числовым программным управлением и устройством автоматической смены инструмента предназначен для обработки плоских деталей средних размеров сложной формы, а также можно производить получистовое и чистовое фрезерование плоскостей, пазов и криволинейных поверхностей различными типами фрез, а также растачивание, сверление, зенкерование, развертывание отверстий и нарезание резьбы метчиками и резцами по заданной программе.



Рисунок 4. Общий вид станка модели 2254ВМФ4

На станках, рассматриваемой в работе группы реализуются технологические процессы сверления, зенкерования, растачивания, развертывания, нарезания резьбы метчиками, фрезерования различными типами фрез на широкой номенклатуре геометрических конфигураций заготовок. Поэтому на рабочих местах станочников наблюдается очень значительное различие в уровнях шума.

Акустические характеристики станков важны для безопасности операторов и соблюдения нормативов по шумовым загрязнениям на производственных предприятиях. Современные исследования в области виброакустики также направлены на разработку методов мониторинга состояния станков в реальном времени. Использование сенсоров и специализированных программных решений позволяет не только контролировать уровень вибраций и шума, но и предсказывать потенциальные отказные ситуации, что способствует повышению надежности оборудования и уменьшению времени простоев. Это особенно актуально для высокотехнологичных производств, где простои могут приводить к значительным потерям.

Экспериментальные исследования виброакустических характеристик включали измерения уровней звука (дБА), октавных уровней звукового давления и вибраций (дБ). На первом этапе экспериментальных исследований измерялись только уровни звука. Измерения проводили в реальном масштабе времени на станках моделей 2254ВМФ4, 2623ПМФ4, 2204ВМФ4, ИР320ПМФ4 при сверлении, фрезеровании и растачивании заготовок, поскольку операции зенкерования, развертывания и нарезания резьбы выполняются при низких частотах вращения и не создают повышенных уровней шума. По данным измерениям построены гистограммы распределения уровней шума с шагом 2 дБА.

Результаты измерений акустических характеристик приведены на рис. 5-7

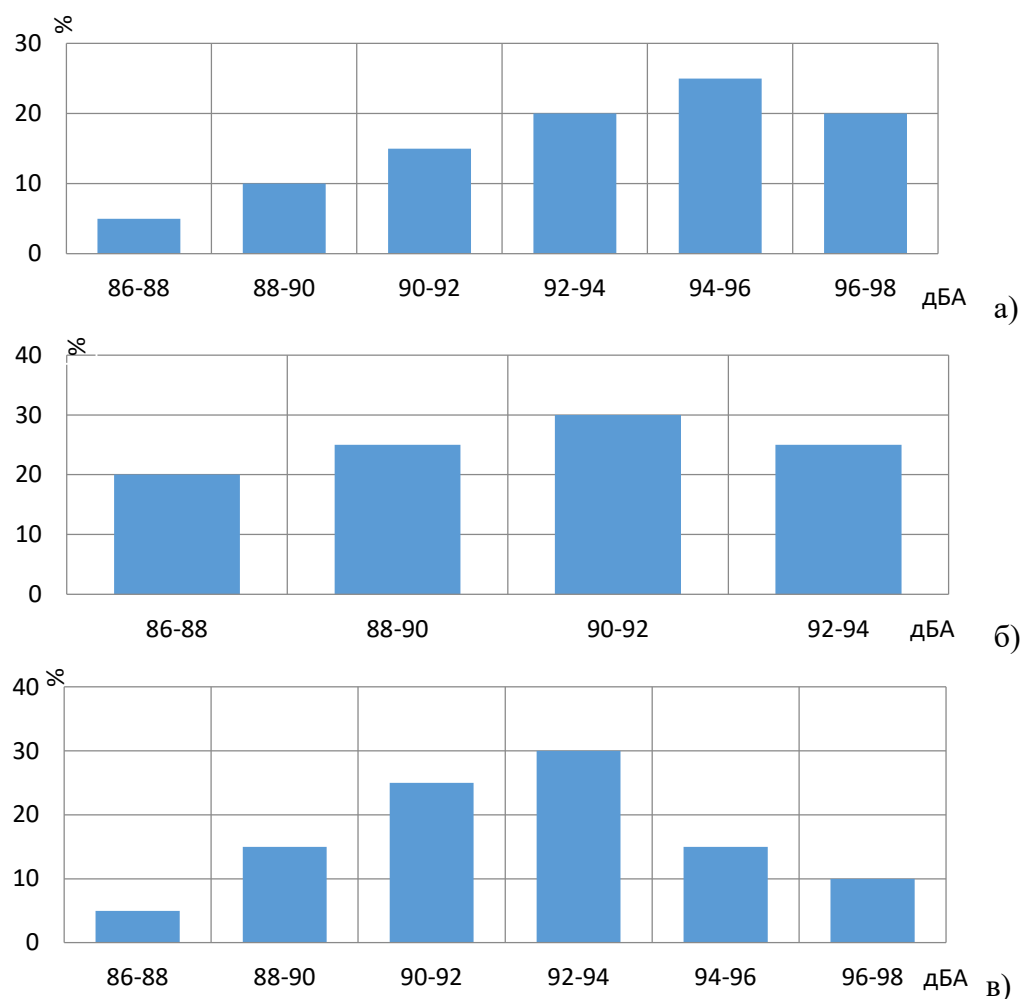
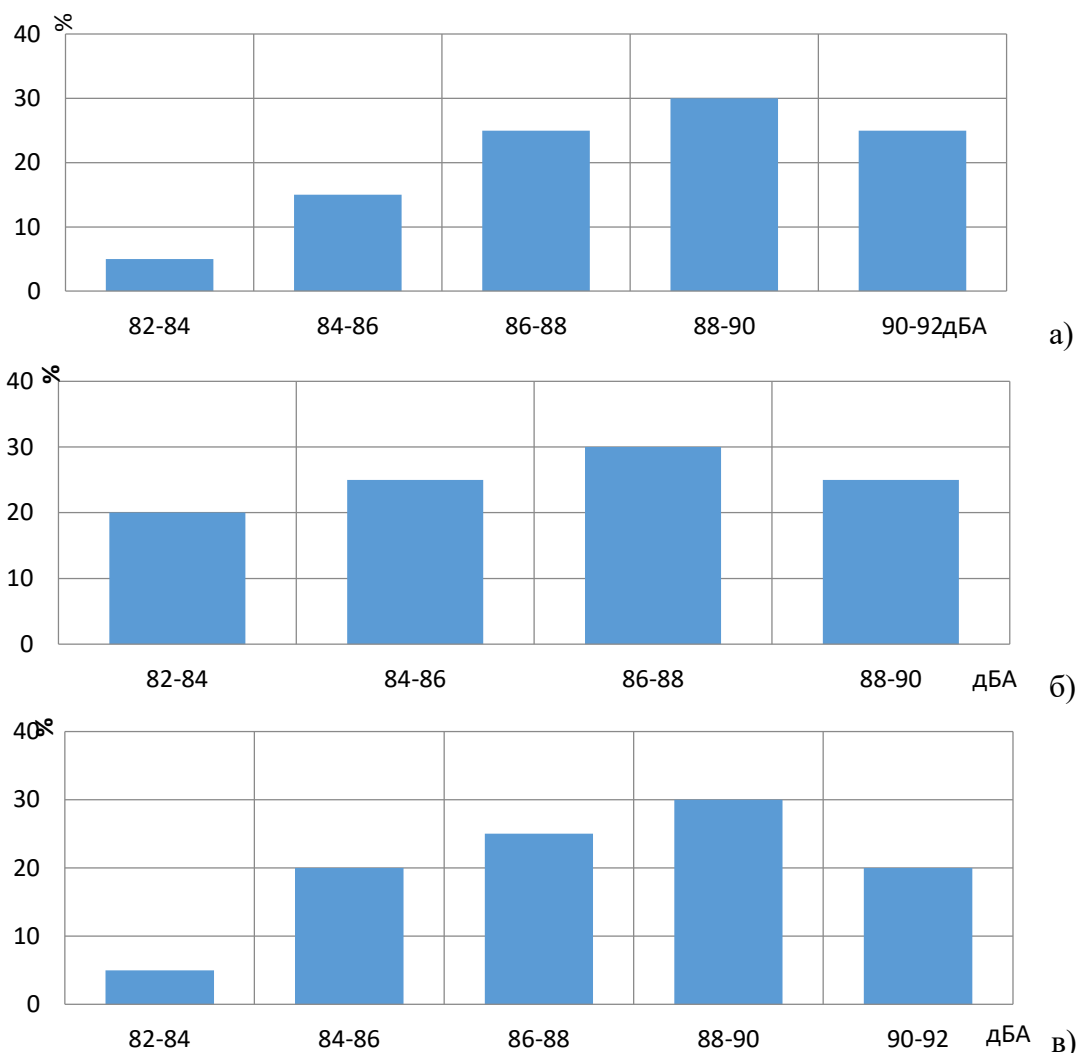


Рисунок 5. Уровни звука станка модели 2623ПМФ4:
а) – при фрезеровании; б) – при сверлении, в) – при растачивании

Измеренные показатели демонстрируют, что уровень звука у станков модели 2623ПМФ4 (см. рисунок 5) колеблется в диапазоне от 86 до 98 дБА. В ходе фрезерования в 5% случаев уровень звука составляет 86-88 дБА, что на 8 дБА превышает допустимый предел. В 10% случаев наблюдается превышение в 10 дБА, в 15% случаев уровень превышен на 12 дБА, в 20% – на 14 дБА, в 25% – на 16 дБА, и в 20% – на 18 дБА. При сверлении уровень звука варьируется от 86 до 94 дБА. В 25% случаев уровень достигает 88 дБА, в 25% – 90 дБА, в 30% – 92 дБА, в 25% – 94 дБА.

Превышение уровня звука над нормативом составляет от 8 до 14 дБА. При реализации технологического процесса растачивания уровни звука изменяются в интервале 86-98 дБА. Причем только в 5% ситуаций уровни звука не превышают 8 дБА, в 15% превышение составляет от 8 до 10 дБА. Основная доля превышений уровней звука зафиксирована в 55% ситуаций, причем 25% соответствуют превышению до 12 дБА, а в 35% ситуаций – 14 дБА. На более существенное превышение приходится 25% ситуаций. В том числе в 15% превышение составляет до 16 дБА и в 10% – 16-18 дБА.

Максимальная величина превышения уровня звука у станков моделей 2623ПМФ4 составляет 18 дБА. Такой высокий уровень звука может вызвать не только физический дискомфорт у операторов, но и потенциально повлиять на их долгосрочное здоровье, вызывая потерю слуха. Эти данные подчеркивают необходимость внедрения более строгих мер контроля шума и использование индивидуальных средств защиты органов слуха.



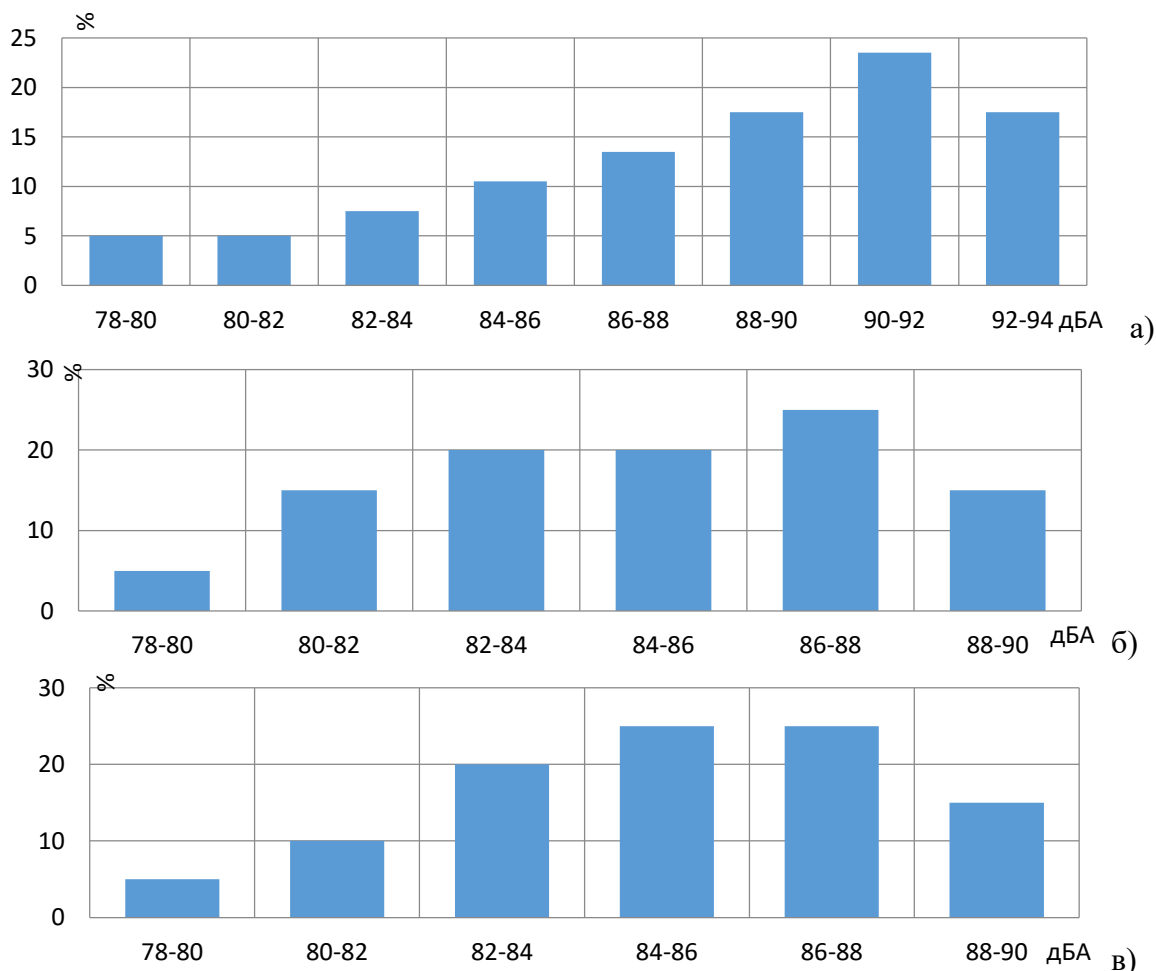
**Рисунок 6. Уровни звука станков моделей 2206BMФ2 и 2204BMФ2
а) – при фрезеровании; б) – при сверлении, в) – при растачивании**

У станков моделей 2204BMФ2 и 2206BMФ2 уровни звука составляют 82-92 дБА (см. рисунок 6). При фрезеровании в 5 % ситуаций уровни звука составляют 82 - 84 дБА. в 15 % - 84-86 дБА. В 80 % ситуаций реализации технологического процесса превышение уровней звука составляет 86-92 дБА. Причем, в 25 % уровни звука находятся в интервалах 86 – 88 дБА и 90 - 92 дБА. Максимальное количество ситуаций (30 %) соответствуют диапазону 88 - 90 дБА. При сверлении уровни звука изменяются в пределах 82 - 90 дБА. Причем уровни звука 82 - 84 дБА возникают в 20 % ситуаций сверления. в 25 % вариантов технологического процесса уровни звука составляют 84 – 86 дБА и 88 – 90 дБА. Третья часть результатов измерений соответствуют уровням звука 86 - 88 дБА.

Анализ результатов измерений уровней звука при растачивании показал определенную идентичность процессу фрезерования в частности, 5% ситуаций показали, что уровни звука составляют 82 - 84 дБА. На 84 - 86 дБА приходится 20 % вариантов. Уровни звука 86 - 88 дБА зафиксированы в 20 % вариантов. Максимальное количества результатов измерений – 30 % показали, что уровни звука составляют 88 - 90 дБА, а для 20 % вариантов уровни звука составляют 90 - 92 дБА.

Незначительные отличия в распределении уровней звука имеют станки моделей ИР320ПМФ4 и 2254BMФ4 (см. рисунок 7 и 8). У станка модели ИР320ПМФ4 уровни звука при фрезеровании изменяются в пределах 78 - 94 дБА. Причем, в 5 % случаев уровни составляют 78 - 80 дБА, что соответствует допустимым величинам. Превышение уровней звука на 2 дБА,

что находится в пределах погрешностей измерений зафиксировано в 5 % ситуаций. Превышение уровней звука до 4 дБА соответствуют 7,5 % ситуаций, до 6 дБА – 10,5 %, до 8 дБА – 13,5 %, до 10 дБА – 17,5 %, 12 дБА – 23,5 % и до 14 дБА – 17,5 %.

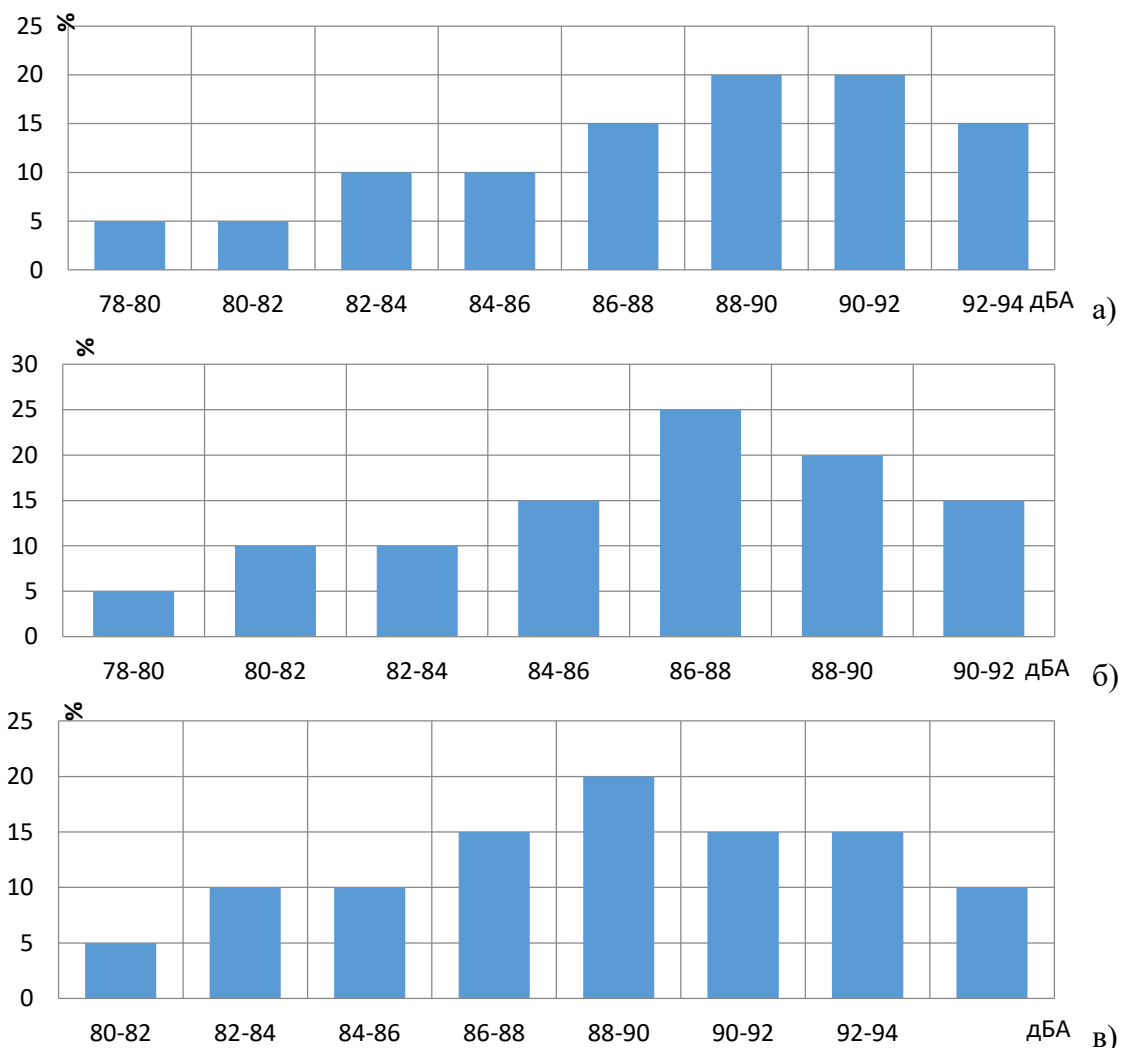


**Рисунок 7. Уровни звука станка модели IP320ПМФ4
а) – при фрезеровании; б) – при сверлении, в) – при растачивании**

При сверлении уровни находятся в диапазоне 78-90 дБА. Причем, в 5 % случаев уровни звука не превышают санитарных норм. В пределах погрешности измерений попадают 15 % вариантов. В 20 % случаев уровни звука превышают норматив на 4 и 6 дБА. Максимальный процент ситуаций 25 % соответствует превышению до 8 дБА и в 15 % превышения достигают 10 дБА. При растачивании уровни звука изменяются в диапазоне 78 - 90 дБА. В 5 % ситуаций уровни звука соответствуют санитарным нормам, 10 % ситуаций соответствуют погрешности измерений (2 дБА). В 20 % реализации процесса растачивания превышения достигают 4 дБА, в 25 % вариантов уровни звука превышают норматив на 6 и 8 дБА и в 15 % вариантов превышение достигает 10 дБА.

Аналогичные результаты получены и для станка модели 2254ВМФ4 (см. рисунок 8). При фрезеровании в 5 % ситуаций уровни звука не превышают санитарных норм. В 5 % случаев превышение уровней звука соответствует погрешности измерений, поскольку не превосходит 82 дБА. В 10 % случаев уровни звука превышают норматив на 4 и 6 дБА. В 15% случаев превышение составляет 6 - 8 дБА, в 10 % – 10 и 12 дБА и в 15 % – 14 дБА.

При сверлении уровни звука находятся в диапазоне 78 - 92 дБА. В 5 % и 10 % вариантов уровни звука не превышают норматив и находятся в пределах погрешности измерений (соответственно). В 15 % вариантов зафиксировано превышение до 6 дБА, в 25 % - до 8 дБА, в 20 % - до 10 дБА и 15 % - до 12 дБА.



**Рисунок 8. Уровни звука станка модели 2254ВМФ4
а) – при фрезеровании; б) – при сверлении, в) – при растачивании**

Разница в уровнях звука при растачивании достигает также 15 дБА. В 5% вариантов уровни звука не превышают 80 дБА, что соответствует нормативным значениям. В 10 % вариантов уровни звука не превышают 82 дБА, что соответствует погрешности измерений. В 10 % вариантов уровни звука достигают значения 84 дБА, что на 4 дБА превышает нормативные значения. 15 % соответствуют превышению уровней звука на 6 и 10 дБА, 20 % вариантов, т.е. максимальное количество соответствуют превышению до 8 дБА и 10 % - превышению до 12 дБА.

Полученные данные определили необходимость применения систем снижения уровней шума. Следует отметить, что системы снижения шума должны быть рассчитаны и спроектированы на условия наиболее шумных вариантов реализации технологического процесса, т.е. для станков модели 2623ПМФ – 18 дБА, для станков моделей 2204ВМФ2 и 2206ВМФ2 – 12 дБА, для станков модели ИР320ПМФ4 и 2254ВМФ4 – 14 дБА.

Для достижения более безопасных условий работы компаниям рекомендуется пересмотреть свои производственные процессоры и внедрить новую систему мониторинга уровня шума. Это позволит не только минимизировать воздействие отрицательных факторов на сотрудников, но и повысить продуктивность за счет создания благоприятной рабочей среды. Одним из возможных решений может стать внедрение автоматических систем контроля, которые мгновенно оповещают об уровне шума, превышающем допустимые нормы, и предлагают операторам соответствующие меры по снижению воздействия.

Также стоит рассмотреть возможность модернизации самих станков для снижения уровня шума. Это может включать в себя как технические усовершенствования, направленные на минимизацию шумового излучения, так и использование более тихих вспомогательных систем и компонентов. Инвестиции в такие изменения в начальный период могут показаться значительными, однако в длительной перспективе они окупятся в виде сниженных затрат на охрану труда и повышение уровня удовлетворенности и здоровья сотрудников.

Библиографический список

1. 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.
2. Методические рекомендации по оценке условий труда для основных профессий ОАО РЖД / В. А. Финоченко, Т. А. Финоченко, В. А. Назимко [и др.]. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2012. – 73 с. – EDN RJONZR.
3. Баланова, М. В. Методика и техническое обеспечение проведения экспериментальных исследований по определению шума на рабочих местах / М.В. Баланова, Т.А. Финоченко, И.А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 1. – С. 5-7. – EDN MKAIVJ.
4. Финоченко, Т.А. Методика проведения экспериментальных исследований шума прутковых токарных автоматов / Т. А. Финоченко // Инновационные технологии в машиностроении и металлургии: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Ростов-на Дону, 05–07 сентября 2012 года. – Ростов-на Дону: Донской государственный технический университет, 2012. – С. 263-268. – EDN JDVMJB.
5. Характеристики шумового дискомфорта в рабочей зоне прутковых токарных станков / С. А. Раздорский, Т. А. Финоченко, А. Н. Чукарин, И. А. Яицков // Мониторинг. Наука и технологии. – 2018. – № 3(36). – С. 81-84. – EDN YCMIFF.
6. Морозов С.А., Чукарин А.Н., Финоченко Т.А. Экспериментальные исследования шума и вибрации при местном упрочнении деталей шарико-стержневым упрочнителем // Мониторинг. Наука и технологии. 2019. – № 1 (39). – С. 65-69.
7. Яицкова, Н. М. Снижение шума металлорежущих станков / Н. М. Яицкова, Т. А. Финоченко, И. Г. Переверзев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 2(51). – С. 112-115. – EDN BIWPKX.

М. V. Grichishin

TECHNICAL AND ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF THE RANGE OF DRILLING-MILLING-BORING MACHINES

Abstract. The article examines the technical characteristics of the range of drilling-milling-boring machines designed for milling with end, face, disk cutters, drilling, boring, tapping, reaming, countersinking. First of all, the size and material of the workpieces are distinguished, as well as the machine power, which determines its productivity, spindle speed and drive type. Acoustic characteristics, in turn, are important for the safety of operators and compliance with noise pollution standards at manufacturing plants.

Keywords: drilling-milling-boring machines, technical characteristics, acoustic factors.

For citation: Grichishin, M. V. Technical and acoustic characteristics of the range of drilling-milling-boring machines / M. V. Grichishin // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – №. 3. – P. 24–33.

Сведения об авторах

Гричишин Максим Владимирович
старший преподаватель кафедры
«Стандартизация, сертификация и
управление качеством» Ростовского
филиала Академии стандартизации,
метрологии и сертификации

Information about the authors

Grichishin Maxim Vladimirovich
Senior Lecturer of the Department
"Standardization, Certification and Quality
Management" of the Rostov branch of the
Academy of Standardization, Metrology and
Certification

УДК 331.101.1

А. Б. Завьялов, Т. В. Глухих

УСТРАНЕНИЕ ПРЕПЯТСТВИЙ ПРИ ПЕРЕДВИЖЕНИИ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. В статье описываются методы улучшения качества обслуживания людей с ограниченными возможностями железнодорожном транспорте в городе Санкт-Петербурге путем проведения анкетного опроса данной категории граждан. Было внесено предложение включить в составы поездов, следующих по маршруту Санкт-Петербург – Москва, дополнительное купе для людей с ограниченными возможностями и для их сопровождающих. Улучшение качества обслуживания ЛОВ на железнодорожном транспорте сподвигнет другие отрасли, в том числе и транспортные, решать проблемы перемещения людей с ограниченными возможностями, в том числе малоподвижных групп населения.

Ключевые слова: инвалид, ограниченные возможности здоровья, устранение барьеров, железнодорожный транспорт, анкетный опрос.

Для цитирования: Завьялов, А. Б. Устранение препятствий при передвижении людей с ограниченными возможностями на железнодорожном транспорте/ А. Б. Завьялов, Т. В. Глухих // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3 – С. 34–38.

Введение

Проблема обслуживания при перевозке людей с ограниченными возможностями (ЛОВ) в последнее время становится все более актуальной как для Российской Федерации, так и для мира в целом. Интеграция ЛОВ в общество не может проходить без улучшения качества предоставляемых услуг, в том числе, перевозочными компаниями, путем адаптации окружающей среды к тем ограничениям, с которыми ежедневно сталкивается данная социальная группа. Чрезвычайно важно вовлечь данную категорию населения в социально-трудовую среду и экономическую среду [1].

В данной статье предлагается улучшить предлагаемые на железнодорожном транспорте услуги для ЛОВ с учетом специфики их ограничений и потребностей путем анализа анкетного опроса, проведенного в РФ в 2023 году, а также анализа текущей ситуации на железнодорожном транспорте.

В ходе работы были изучены научные труды зарубежных специалистов, занимавшихся проблемой перевозок ЛОВ, в том числе физических барьеров и преград, с которыми ежедневно встречаются люди-инвалиды. Если говорить о железнодорожных перевозках, то главным барьером является сам поезд, точнее вагон; отсутствие в нем подъемника для пассажиров на инвалидных колясках вынуждает их подниматься по лестнице, что очень затруднительно.

Учитывая разницу между высотой платформы и высотой вагона, а также пространство между ними, заезд/выезд коляски ЛОВ в вагон (из вагона) невозможен, следовательно, необходимо применять вспомогательные устройства для посадки и высадки малоподвижных людей. Помимо этого, не стоит забывать и о пригородных электропоездах, которыми часто пользуется данная категория инвалидов и также испытывает трудности при посадке и высадке [2].

Падзи и Ибрагим [3] приходят к выводу, что проекты и формы предоставляемых услуг для ЛОВ на большинстве станций хотя и присутствуют, но не всегда удобны в эксплуатации, создавая дополнительные барьеры и трудности в перевозке малоподвижных людей. Ду и др. [4]

отмечают, что для улучшения качества железнодорожных перевозок ОВЗ необходимо учитывать приоритеты пассажиров, такие как наименьшее время ожидания поезда или иного транспортного средства, кратчайший путь при пересадке и гибкое планирование.

Анализ анкетного опроса людей с ограниченными возможностями

В прошлом году проводилось анкетирование людей с ограниченными возможностями в Санкт-Петербурге с привлечением общественных организаций по делам ЛОВ. Было опрошено более 3000 респондентов, которые отвечали на 12 вопросов. Ниже приведены наиболее значимые из них для поднятой в статье проблематики.

Один из вопросов спрашивал людей о самом большом неудобстве при поездках на железнодорожном транспорте предлагал следующие варианты:

- доступы к месту посадки;
- посадка в вагон поезда;
- высадка из вагона;
- доступы к туалету;
- микроклимат в салоне поезда;
- плохое качество обслуживания персоналом в поезде.

Стоит отметить, что отвечающие могли выбрать несколько ответов, что, по их мнению, является наибольшим затруднением во время поездки. Результаты показали, что наиболее затруднительны посадка и высадка ЛОВ в вагон/из вагона. В большей степени эти неудобства связаны с пространством между наружными дверьми и перроном.

Еще один вопрос посвящался неудачному опыту анкетизируемого во время поездок на поездах и основным неудобствам внутри вагона, среди которых значились такие варианты ответов, как: техническое оснащение вагона,

- неудобный туалет;
- обслуживающий персонал;
- неудобство непосредственно занимаемого места в вагоне;
- другое, в которое респонденты могли указать конкретные причины.

Наиболее частыми в ответе «Другое», который указали 6 % опрошенных, были указаны:

- занятие мест для ЛОВ лицами, не имеющими оформленной инвалидности;
- затруднительный и долгий процесс заказа транспорта для малоподвижных пассажиров в колясках;
- неисправность или отсутствие лифта для инвалидных колясок;
- нетолерантное отношение к ЛОВ со стороны других пассажиров.

Также в анкете был задан вопрос об осведомленности ЛОВ о подходящих им безбарьерных пересадках и только 19% опрошенных ответили утвердительно. Больше половины анкетизируемых ЛОВ ответило, что не имеют достаточной информации о безбарьерных пересадках.

Процесс выбора людьми с ОВ поезда для поездки из Санкт-Петербурга в Москву

В соответствии с распоряжением №1827/р ОАО «РЖД» должен обеспечивать необходимые условия доступной среды для малоподвижных пассажиров из числа ЛОВ, в том числе, функционирует Центр содействия мобильности ОАО «РЖД», имеются в наличии около 1000 вагонов со специализированным купе для ЛОВ. Наиболее комфортабельные поезда для поездок ЛОВ – «Сапсан», «Ласточка», «Стриж».

Однако не все поезда дальнего следования оснащены вагонами со специализированным купе. Давайте рассмотрим более подробно процесс заказа малоподвижным пассажиром услуги на поездку в поезде. Запрос от ЛОВ поступает в договорной центр содействия мобильности ОАО «РЖД», который включает выбор поезда по нужному маршруту. В том случае, если выбранный поезд не имеет специального вагона с обустроенным для малоподвижного пассажира и сопровождающего купе, заказ передается управляющему процессами перевозок в

региональном подразделении Федеральной пассажирской компании (СЗППК). Далее поднимается вопрос, есть ли в наличии подразделения дополнительный вагон со специальным купе и возможно ли его присоединить к выбранному поезду или нет. В случае одобрения происходит сцепка вагона с основным составом, оповещается поездной персонал, проверяется исправность подъемника для инвалидных колясок. После этого информация о присоединении или не присоединении дополнительного вагона идет в договорной центр содействия и через него заказчику после чего процесс заказа считается завершенным.

Как показывало проведенное анкетирование, многие респонденты из ЛОВ мало информированы о наличии в перевозочной компании дополнительных вагонов со специализированным купе для малоподвижных граждан и их сопровождающих, что вызывает невысокий спрос на пользование ЛОВ железнодорожным транспортом. Обычно данная категория граждан пользуется железными дорогами 1-2 раза в год [5]. Для увеличения объемов перевозок ЛОВ перевозочная компания должна развивать маркетинговое продвижение своих услуг для развития безбарьерного железнодорожного туризма.

Предлагается включение вагонов со специальным купе для малоподвижных пассажиров во все поезда дальнего следования, а желательно и в пригородные электропоезда. При наличии одного такого вагона в поездах, курсирующих по наиболее привлекательным для туристов маршрутам, предлагается включение второго вагона. Важным моментом является информирование ЛОВ о наличии или увеличении в поездах специальных мест, сократив тем самым, время выбора и заказа инвалидом нужного поезда [6]. Тем самым можно увеличить спрос на предоставляемые ФПК услуги большой социальной группы. Помимо этого, важно наладить обратную связь с ЛОВ, проанализировать обращения, жалобы, пожелания малоподвижных пассажиров и их сопровождающих. Все это повысит качество обслуживания и ЛОВ в частности, и других пассажиров в целом. Необходимо систематизировать обучение персонала по обслуживанию ЛОВ, минимизировать количество барьеров во время поездки.

Перевозочная компания также должна оценить экономическую составляющую, решить, что выгоднее – переоборудовать старые вагоны под специальные для ЛОВ либо закупать новые. ФПК также может рассмотреть возможность покупки подержанных вагонов у иностранных перевозчиков или долгосрочной аренды. Помимо этого, необходимо проанализировать наличие свободных мест в депо под эти дополнительные специальные вагоны.

Заключение.

Данная статья поднимает проблему в процессе перевозок малоподвижных пассажиров из числа ЛОВ железнодорожным транспортом на примере Северо-Западного федерального округа и Федеральной пассажирской компании. Целью статьи было упрощение передвижения ЛОВ на поездах путем анализа выявленных недостатков и барьеров в пути следования ЛОВ на основе проведенного анкетирования. Была приведена текущая статистика ЛОВ по северо-западному федеральному округу и результаты опросного исследования на предмет выявления основных затруднений для ЛОВ в процессе их поездок и уровня их информирования о предлагаемых ФПК услугах для данной категории граждан.

Кроме того, был описан процесс заказа ЛОВ билетов в специально предназначенные для них купе в отдельных вагонах поездов. Для упрощения этого процесса предлагается присоединить в те составы поездов, которые ходят по маршрутам с наибольшим пассажиропотоком, специально оборудованные вагоны для малоподвижных пассажиров или дополнить их еще одним таким вагоном в случае наличия. Это ускорит процесс выбора нужного поезда, повысит комфортабельность и качество предлагаемых услуг.

Совершенствование инфраструктуры подвижного состава ФПК поддерживает тенденцию развития доступной среды для ЛОВ, увеличивает пассажиропоток этой социальной группы [7,8]. Путешествуя в адаптированных к их потребностям условиях, малоподвижные люди могут получать удовольствие от поездок, совмещая туристические цели и используя специально организованные для них купе как место досуга и отдыха. Однако без

интегрированного взаимодействия всех участников развития безбарьерной среды на всех этапах перемещения людей с ограниченными возможностями, комплексного формирования этой среды при организации перевозок невозможно достичь высокого уровня адаптации туристической отрасли к ограниченным возможностям достаточно большой и очень важной социальной группы людей [9].

Библиографический список

1. **Завьялов, А. Б.** Эргономический анализ рабочего места человека с ограниченными возможностями с применением интерактивных средств // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. – 2024. – Т.1. – С.153-158.
2. **Dejeammes, M.** Boarding aid devices for disabled passengers an heavy rail // Evaluation of accessibility. In: Railroad Track Engineering and Maintenance; Passenger Rail Planning and Operations: Rail. Transportation Research Record. 79th Annual Meeting of the Transportation-Research-Board. - 2000. Volume 1713. pp. 48-55.
3. **Padzi, F. A., Ibrahim, F.** Accessibility of Visually Impaired Passengers at Urban Railway Stations in the Klang Valley. International Transaction Journal of Engineering Management & Applied Sciences & Technologies. - 2012. Volume 3. no. 3. pp. 277-292.
4. **Du, J. B., Qiao, F. X., Yu, L.** Improving Bus Transit Services for Disabled Individuals: Demand Clustering, Bus Assignment, and Route Optimization. IEEEACCESS. - 2020. Volume 8. pp. 121564-121571.
5. **Федеральная служба государственной статистики.** - URL:<https://rosstat.gov.ru/folder/13964>.
6. **Тимакова Р. Т., Ильюхина Ю. В.** Современные тенденции устойчивого развития «доступной среды» на железнодорожном транспорте // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2022. – Т.84 - №.1. – С.410-417.
7. **Терехова, И. Р.** Эвакуация маломобильных групп населения при возникновении пожароопасных ситуаций на объектах железнодорожного транспорта // В сборнике: Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность 2020). Материалы II Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 221-225.
8. **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.
9. **Петраков, Д. П.** Оценка доступности объектов и услуг для инвалидов: возможные риски // Физическая и реабилитационная медицина. – 2020. – Т.2. – № 3. – С. 57–64.

A. B. Zavyalov, T. V. Gluhih

ELIMINATION OF ADDITIONAL OBSTACLES TO THE MOVEMENT OF PEOPLE WITH DISABILITIES ON RAILWAY TRANSPORT

Abstract. The article describes methods of improving the quality of service for people with disabilities (PWD) on railway transportation in the city of St. Petersburg by conducting a questionnaire survey of this category of citizens. A proposal was made to include an additional compartment for people with disabilities and their companions in the trains traveling between St. Petersburg and Moscow. Improving the quality of service for people with disabilities on railway transport will encourage other sectors, including transportation, to solve the problems of movement of people with disabilities, including sedentary groups.

Keywords: disabled person, limited health capabilities, removal of barriers, railway transport, questionnaire survey.

For citation: Zavyalov, A. B. Elimination of Additional Obstacles to the Movement of People with Disabilities on Railway Transport / A. B. Zavyalov, T. V. Gluhikh // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – № 3. – P. 34–38.

Сведения об авторах

Завьялов Алексей Борисович

Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I
(ПГУПС),
кафедра «Техносферная и экологическая
безопасность»,
ассистент
e-mail: zenitpiter91@inbox.ru

Глухих Татьяна Владимировна

Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I
(ПГУПС),
кафедра «Техносферная и экологическая
безопасность»,
студент
e-mail: gluhikh_tv@mail.ru

Information about the authors

Zavyalov Alexey Borisovich

Emperor Alexander I St. Petersburg State
Transport University (PSTU),
Chair «Technosphere and Environmental
Safety»,
Assistant,
e-mail: zenitpiter91@inbox.ru

Glukhikh Tatyana Vladimirovna

Emperor Alexander I St. Petersburg State
Transport University (PSTU),
Chair «Technosphere and Environmental
Safety»,
Student,
e-mail: gluhikh_tv@mail.ru

УДК 621.9 + 06

С. П. Рыжов, И. А. Яицков

ФАКТОРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РИСКА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗУБОДОЛБЕЖНЫХ И ЗУБОСТРОГАЛЬНЫХ СТАНКОВ НА УЧАСТКАХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕДУКТОРОВ ЛОКОМОТИВОВ

Аннотация. При эксплуатации зубодолбежных и зубострогальных станков на участках изготовления редукторов для локомотивов, необходимо учесть ряд факторов производственного риска, чтобы обеспечить безопасность труда и оптимальную эффективность производственного процесса. Работники могут быть подвержены различным травмам, начиная от мелких порезов и заканчивая более серьезными травмами, такими как переломы или ушибы. Это особенно актуально в условиях интенсивного использования станков, где происходит быстрое движение деталей с острыми кромками и режущими инструментами.

Непрерывное внимание к факторам производственного риска и их тщательное управление может существенно повысить безопасность, эффективность и устойчивость производственного процесса на участках изготовления редукторов локомотивов.

Ключевые слова: производственный риск, зубодолбежные и зубострогальные станки, шум.

Для цитирования: 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 – С. 39–44.

Зубодолбежные и зубострогальные станки при эксплуатации должны соответствовать требованиям безопасности. Организация рабочего пространства должна минимизировать опасные ситуации, возникающие при эксплуатации этого типа оборудования. Существует определенная взаимосвязь между опасными и вредными производственными факторами, причем наличие вредных факторов способствует возникновению опасных. Одним из примеров является повышенная влажность помещения, которая увеличивает риск поражения электрическим током. Доля работников, занятых в условиях, не отвечающих гигиеническим нормативам, продолжает расти, что связано с износом основных производственных фондов, а начавшееся в последние годы перевооружение промышленности еще недостаточно для кардинального изменения в данном вопросе.

В сфере охраны труда и промышленной безопасности риск представляет собой сочетание вероятности возникновения опасного события и ухудшением состояния здоровья, при его возникновении. Процесс оценки риска, связанного с опасностью, учитывает адекватность управленческих решений по минимизации возможности возникновения риска и принятие решения о приемлемости уровня риска. Условия труда работающих характеризуются степенью воздействия вредных факторов и риском возникновения опасных ситуаций. Для уменьшения уровня риска необходимо выявить опасности, связанные с технологическим процессом и вредные факторы, возникающие при его реализации. На рабочих местах необходимо поддерживать условия, при которых не происходит ухудшения здоровья и не возникают необратимые изменения в организме человека. Одним из наиболее критически важных факторов является риск механических повреждений. Работники могут быть подвержены различным травмам, начиная от мелких порезов и заканчивая более серьезными

травмами, такими как переломы или ушибы. Это особенно актуально в условиях интенсивного использования станков, где происходит быстрое движение деталей с острыми кромками и режущими инструментами. Чтобы минимизировать эти риски, необходимо строго соблюдать правила техники безопасности, включая использование защитных перчаток, спецодежды и обуви [1,2].

Иногда технические причины не позволяют полностью соблюдать гигиенические нормы, в этих случаях работа может продолжаться с обязательным использованием средств индивидуальной и коллективной защиты, а также путем ограничения времени воздействия вредных факторов, что называется «защитой временем». Причиной неустранимости производственных факторов являются отсутствие возможности соблюдения гигиенических нормативов на современном уровне технического развития. В остальных случаях необходимо искать техническо-технологические и организационно-административные решения [2,3].

Одним из факторов производственной среды, оказывающих пагубное влияние на здоровье работников, является акустический дискомфорт. Воздействие высоких уровней шума приводит к развитию профессионального заболевания - нейросенсоной тугоухости или шумовой болезни. Динамика возникновения случаев шумовой болезни снижается с 51 % в 2003 году до 38 % в 2023. Однако уровень заболеваний, связанных с воздействием шума, не полностью отражает истинное положение, так как профессиональная патология выявляется на поздних стадиях развития заболевания. Транспортные предприятия и предприятия транспортного машиностроения являются неблагоприятными с точки зрения шумового дискомфорта для достаточно большого контингента работающих.

Условия труда операторов зубодолбежных и зубострогальных станки

Деятельность операторов токарных станков-автоматов осуществляется в условиях воздействия производственных факторов и характеризуется тяжестью и напряженностью трудового процесса. При осуществлении профессиональной деятельности они должны знать конструктивные особенности, правила использования оборудования и инструмента, систему допусков и посадок, определение режимов резания.

Идентификация опасностей проводится с целью выявления угроз, связанных с технологическим процессом, опасными веществами, оборудованием и инструментом, участвующем в технологическом процессе. Идентификация опасностей основывается на сборе и анализе информации не только о работе в штатных условиях, но и учитываются и редко выполняемые работы (уборка территории, внеплановая остановка оборудования), в том числе действия персонала в аварийных ситуациях. При этом определяются и рассматриваются наихудшие варианты развития опасных событий и их последствий.

Аудит рабочих мест включает в себя осмотр рабочих мест с осмотром помещений, территории, путей доступа к рабочим местам и маршрутов эвакуации; наблюдение процесса выполнения работы; выявление опасных ситуаций и их потенциальных источников; характеристика сырья, инструментов, оборудования, зданий, технологических процессов; выявление нарушений требований безопасности и охраны труда, установленных нормативными документами.

На основании проведенных идентификации опасностей и аудита требований безопасности разрабатываются мероприятия по управлению опасностями и определяются средства коллективной защиты, такие как ограждения, блокировки, сигнализация, предупредительные огни и сирены, и индивидуальной защиты в соответствии с перечнем СИЗ. А также административные меры включающие указатели соблюдения безопасности, предупреждающие знаки, маркировку опасных зон и пешеходных дорожек, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности, наряды - допуски на проведение работ, инструктажи по охране труда и т.д. и организационно-технические меры, которые связаны с модернизацией станков и оборудования.

Так, например, опасности, связанные с воздействием вредных факторов, которые могут вызвать профессиональные заболевания, представлены в материалах специальной оценки условий труда и производственного контроля.

Оценка тяжести и напряжённости трудовой деятельности проводится путем хронометражных наблюдений и отражает нагрузку на опорно-двигательный аппарат, мышечную и центральную нервную системы, органы чувств, эмоциональное состояние. Например, к интенсивности трудового процесса относятся регламентирование работ и монотонные нагрузки, а также интеллектуальные, включающие содержание работы, распределение по сложности и восприятие сигналов; сенсорные, охватывающие число и размеры объектов наблюдения, нагрузка на слуховой анализатор и голосовой аппарат и продолжительность воздействия этих факторов; эмоциональные, касающиеся риска для жизни, конфликтных ситуаций, степени ответственности за результат труда.

Во время работы станочник сталкивается с опасными и вредными производственными факторами, такими как наличие стружки, острые кромки деталей, высокая температура обрабатываемых заготовок, вращающиеся компоненты станков, вероятность вылета заготовок или инструмента при неправильном креплении, вредные химические вещества, пыль, микроклимат помещений, шум, вибрация и др. Основные травмы, возникающие при обработке металлов резанием – это порезы от воздействия стружки и острых кромок, ожоги при контакте с горячими деталями, травмы глаз отлетающей стружкой, переломы, возникающие при затягивании одежды вращающимися частями станков.

Исследования интенсивности и напряженности трудового процесса операторов позволяет сделать вывод, что трудовая деятельность включает широкий спектр задач, требующих выполнения инструкций по настройке станка, определению параметров изделия и его обработка; восприятие сигналов в ходе выполнения работ с коррекцией последующих действий, проверка задания; концентрация внимания более 50 % смены; наблюдение за движущимися элементами станка.

Влияние на опорно-двигательный аппарат, мышечное напряжение и системы жизнеобеспечения (дыхательная, сердечно-сосудистая) определяет тяжесть труда. При оценке тяжести трудового процесса учитывается: динамическая нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза, стереотипные движения (локальные и региональные), статическая нагрузка при удержании груза, наклоны корпуса, перемещение по горизонтали и вертикали, рабочая поза (стоя или сидя), а также энергозатраты организма. При выполнении токарных работ на работника воздействуют в основном региональные нагрузки с участием мышц рук и плечевого пояса при перемещении тяжестей до 10 кг. Эти усилия сопровождаются умеренной физической нагрузкой, а также вынужденным нахождением в положении «стоя» до 60 % рабочей смены, с энергозатратами от 201 до 250 ккал/ч. Такая деятельность классифицируется как работа средней тяжести, что позволяет отнести ее к допустимому классу.

В целях повышения производительности труда и улучшения условий работы при токарных работах и оптимизации рабочего места используются меры обеспечения эргономического расположения рабочих инструментов и материалов, использование автоматизированных и роботизированных систем для снижения физической нагрузки.

Вредными факторами, влияющими на работника в процессе трудовой деятельности, являются: микроклимат, виброакустические факторы, электромагнитные поля, освещенность, химические вещества и аэрозоли преимущественно фиброгенного действия [4,5]. Согласно проведенным измерениям основные факторы находятся в допустимых пределах, однако при эксплуатации этого оборудования шум превышает санитарные нормы более чем на 15-20 дБА. В производственных помещениях количество шумящих станков-автоматов достигает нескольких десятков, что усугубляет шумовое воздействие и условия труда.

Рабочее место должно быть чистым и иметь достаточное освещение, проходы и место у станка должны быть свободны от инструментов, деталей и расходных материалов. Оснастка, заготовки, детали и отходы производства должны находиться на специальных стеллажах.

Запрещается приставлять к станку длинные заготовки и складировать возле станков штучные заготовки в неустойчивом положении или высотой более 1 м.

Анализ оценки условий труда на рабочих местах станочников показал, что среди комплекса производственных факторов только шумовые характеристики превышают гигиенические нормативы. Меры по снижению связанных с этим рисков, необходимо представить в плане мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда. Мероприятия, осуществляемые по идентификации, изучению и оценке риска станочников одно и многошпиндельных станков-автоматов токарной группы позволяют отнести их труд к третьему классу первой степени (3.1). Рабочие обеспечиваются сертифицированными средствами индивидуальной защиты (СИЗ), смывающими и обезвреживающими средствами в соответствии с типовыми нормами выдачи.

Одной из наиболее опасных аварийных ситуаций, которые могут возникнуть, является пожар, причинами которого могут быть:

- загорание проводов и обмоток электродвигателей, вспышка бензина или керосина, применяемых для обезжиривания деталей;
- перегрев подшипников в результате плохого смазывания;
- горение ремней трансмиссий вследствие плохого натяжения;
- самовоспламенение охлаждающих жидкостей;
- самовозгорание промасленных обтирочных материалов, одежды, металлических опилок;
- неисправности приборов отопления или нарушение правил их эксплуатации.

План локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) разрабатывают с целью выявления возможных причин аварий, планирования действий сотрудников во время аварии и проработки мероприятий по ликвидации ситуаций такого рода.

Также следует учитывать факторы экологического риска. Работа с металлами, смазочными материалами и охлаждающими жидкостями может привести к загрязнению воздуха и рабочих поверхностей. Необходимо обеспечить надлежащую вентиляцию в производственных помещениях и использовать экологически чистые технологии там, где это возможно, для снижения вредного воздействия на окружающую среду и здоровье работников.

Обучение персонала является еще одной ключевой составляющей в управлении производственными рисками [6,7]. Сотрудники должны быть хорошо подготовлены и осведомлены о правильных методах работы с оборудованием, потенциальных опасностях и действиях в случае непредвиденных ситуаций. Регулярные тренинги и инструктажи по охране труда и технике безопасности помогут поддерживать необходимый уровень знаний.

Наконец, важно учитывать человеческий фактор, включая такие аспекты, как усталость и стресс, которые могут негативно сказаться на внимательности и скорости реакций работников [7,8]. Организация рабочего процесса, учитывающая периоды отдыха и время на восстановление, будет способствовать снижению человеческих ошибок и, следовательно, снижению производственного риска.

Непрерывное внимание к факторам производственного риска и их тщательное управление может существенно повысить безопасность, эффективность и устойчивость производственного процесса при эксплуатации зубодолбежных и зубострогальных станков на участках изготовления редукторов локомотивов [9]. А также учесть и минимизировать риски, чтобы обеспечить безопасность труда и оптимальную эффективность производственного процесса.

Библиографический список

1. 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.

2. **Воробинская, Л. И.** Анализ методов оценки потенциальных рисков в области охраны труда предприятий железнодорожного машиностроения / Л. И. Воробинская, В. А. Финоченко, Т. А. Финоченко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 7. – С. 234-238. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-7-234-239. – EDN MYVSMG.

3. **Таранушина, И. И.** Оформление процедуры выявления опасностей и оценки профессиональных рисков / И. И. Таранушина, О. В. Попова, Т. А. Финоченко // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 1. – С. 73-81. – DOI 10.24000/0409-2961-2020-1-73-81. – EDN VVYQJC.

4. **Рыжов, С. П.** Model validation of the acoustic systems "tooth wheels-mandrels" of the vertical gear generator and gear shaping machines / S. Ryzhov, T. Finochenko, A. Chukarin, I. Yaitskov // Akustika. – 2021. – Vol. 41. – P. 90-93. – DOI 10.36336/akustika20214190. – EDN UTYWXV.

5. **Финоченко, Т. А.** Состояние психосоматического здоровья в неблагоприятных условиях профессиональной деятельности / Т. А. Финоченко, А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко. – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2017. – 101 с. – EDN YSJVPJ

6. **Переверзев, И. Г.** К вопросу влияния человеческого фактора на безопасность технологических процессов на железнодорожном транспорте / И. Г. Переверзев, Е. П. Чубарь, И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 1(50). – С. 64-66. – EDN PWMJQT.

7. ГОСТ Р МЭК 62508-2014. Менеджмент риска. Анализ влияния на надежность человеческого фактора [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200113803>.

8. **Хвостиков, А. Г.** Обеспечение безопасности путем совершенствования профессионального отбора / А. Г. Хвостиков // Труды РГУПС. - 2018. - № 2. - С. 42-45. EDN: VAJJEP

9. Регрессивные зависимости коэффициента потерь колебательной энергии основных источников зубострогальных станков / Рыжов С. П., Новиков В. В., Хозяев И. А., Чукарин А. Н. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 8. – С. 398-401.

S. P. Ryzhov, I. A. Yaitskov

OCCUPATIONAL RISK FACTORS IN OPERATION OF GEAR-SHAPING AND GEAR-PLANING MACHINES IN LOCOMOTIVE GEARBOX MANUFACTURING SITES

Abstract. When operating gear-shaping and gear-planing machines in locomotive gearbox manufacturing areas, it is necessary to take into account a number of occupational risk factors in order to ensure occupational safety and optimal efficiency of the production process. Workers can be exposed to various injuries, ranging from minor cuts to more serious injuries such as fractures or bruises. This is especially true in conditions of intensive use of machines, where parts with sharp edges and cutting tools move quickly. Continuous attention to occupational risk factors and their careful management can significantly improve the safety, efficiency and sustainability of the production process in locomotive gearbox manufacturing areas.

Keywords: production risk, gear shaping and gear planing machines, noise

For citation: Ryzhov, S. P. Occupational Risk Factors in Operation of Gear-Shaping and Gear-Planing Machines in Locomotive Gearbox Manufacturing Sites / S. P. Ryzhov, I. A. Yaitskov // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – № 3. – P. 39–44.

Сведения об авторах

Рыжов Сергей Петрович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
соискатель,
e-mail: ryzhov_2014@mail.ru

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

Information about the authors

Ryzhov Sergei Petrovich

Rostov State Transport University (RSTU)
Chair «Life Safety»,
Applicant,
e-mail: ryzhov_2014@mail.ru

Yaitskov Ivan Anatolievich

Rostov State Transport University (RSTU)
Chair «Car and Car Economy»,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Dean of Electromechanical Faculty,
e-mail: yia@rgups.ru

УДК 796.011

*А. А. Тащиян, В. В. Плотникова, Е. В. Панов, В. А. Тащиян***ПРОСТРАНСТВО ДВИЖЕНИЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ОБРАЗ ДВИЖЕНИЯ**

Аннотация. С позиций современной математики пространство представляет собой логически мыслимую форму или структуру, в которой осуществляются другие формы и те или иные конструкции. В какой-то степени к пониманию топологических концепций движения подошли механика сплошной среды и дифференциальная геометрия.

Ключевые слова: пространство движения, геометрический образ движения, пространственно-координационная система, структура движения, биомеханика, топология, законы сохранения, философия науки.

Для цитирования: Пространство движения и геометрический образ движения / А. А. Тащиян, В. В. Плотникова, Е. В. Панов, В. А. Тащиян // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3. – С. 45–48.

Понимание действий других имеет основополагающее значение для нашей повседневной жизни. Современное естествознание рассматривает как общие свойства пространства, проявляющиеся в единстве метрических и топологических свойств, так и локальные пространственные свойства, таким единством уже не обладающие[1]. Независимо от того, перемещаемся ли мы по многолюдной улице или разговариваем с кем-то, наш мозг обрабатывает множество сигналов, связанных с людьми, объектами и их взаимодействиями, чтобы прийти к осмысленной интерпретации.

Биомеханика – это междисциплинарное исследование механических законов и принципов, которые управляют движением человека и функционированием биологических систем.

В контексте физической активности, упражнений и физической подготовки биомеханика играет решающую роль в понимании наиболее эффективных и действенных способов улучшения здоровья и благополучия. Кроме того, биомеханика направлена на улучшение результатов спортсменов, а также эффективности движений всего населения, что приводит к улучшению качества жизни. С этой целью вопросы оптимальной экономичности движения, силы, мощности, устойчивости, выравнивания осанки, диапазона движений и спортивных результатов являются одними из наиболее важных тем для рассмотрения при изучении биомеханики упражнений.

Важно отметить, что пространственно-координационная система определяет не только известные движения в данном виде физической активности (виде спорта), но и еще не известные или не применяемые движения.

Изучая оптимальные модели движения, мы стремимся понять правильные модели и методы движения с целью снижения риска получения травм и повышения эффективности упражнений, что приводит к лучшим результатам для здоровья. Оптимальное движение относится к наиболее эффективным и действенным способам выполнения определенного упражнения или движения с точки зрения снижения риска получения травм и заболеваний, а также повышения эффективности упражнений, что приводит к лучшим результатам для здоровья.

Структурно-конструктивный биомеханический подход в своем развитии становится, по сути, топологическим подходом [5]. Хотя важно исследовать, как мозг представляет информацию, специфичную для человеческих действий, также важно признать, что действия можно понимать на более базовом уровне как движения физических объектов. В конце концов,

люди – это осязаемые объекты, существующие в физическом мире, генерирующие силы и перемещающиеся в пространстве. То есть действия одушевленного существа можно описать относительно агентства или целей, но также и на уровне, определяющем кинематику движения, межобъектные отношения или количество приложенной физической силы.

Мы определяем события движения как изменения положения объекта относительно его окружения. Для того, чтобы произошло событие движения, необходимо приложить силу к объекту, заставляя его ускоряться или замедляться. Различные физические силы могут формировать движение, и, что важно, одушевленные агенты могут генерировать и контролировать свое собственное движение. Например, человек, встающий со стула, включает агентную силу, контролируемую индивидом, таким образом, который не может быть сведен к внешним физическим силам. Напротив, неодушевленный объект, неспособный к самодвижению, требует внешнего источника энергии для движения. Движения неодушевленного объекта можно полностью объяснить внешними физическими силами, источник которых может быть агентным (например, человек, бросающий камень) или физическим (например, камень, падающий со скалы). Современная биомеханика от аналитической до антропоцентрической основывается на метрических свойствах пространства. В какой-то степени к пониманию топологических концепций движения подошли механика сплошной среды и дифференциальная геометрия [3].

Биомеханика упражнений постоянно связана с уровнями силы, устойчивостью и выравниванием осанки. Физические упражнения могут улучшить силу и устойчивость, благодаря чему специалисты могут помочь людям понять и исправить осанку и перекосы, а также контролировать уровни силы и устойчивости, тем самым способствуя снижению риска травм и заболеваний.

Антропоцентрическая биомеханика, рассматривая влияние среды на движение человеческого тела, вышла на осознание роли топологии окружающего локального пространства: пространство в силу наличия оппозиции человек-среда при сохранении той же метрики становится топологически сложно устроенным [2]. Биомеханические кинетические и кинематические параметры помогут в разработке физических программ и позволят им увеличить мощность и взрывную силу, и, таким образом, улучшить координацию, время реакции и общую производительность.

В сложном движении человеческого тела часто можно выделить отрезки времени сохранения позы в неинерциальной системе координат при изменении положения тела в пространстве. Ограниченность пространства движения определяется конечностью длины частей человеческого тела [4].

Правильная биомеханика упражнений включает в себя правильную форму и технику в различных суставных и анатомических плоскостях во время физической активности, упражнений и спортивных мероприятий, чтобы гарантировать, что суставы, мышцы и кости двигаются безопасно и эффективно. С точки зрения здоровья и благополучия, где физическая активность играет важную роль, различные типы физической активности могут потребовать различных биомеханических техник, а также физиологических и физических требований.

Вклады, которые с точки зрения биомеханики объясняют и рассмотрят несколько тем, связанных с биомеханикой в упражнениях и спорте. Для этого методы тестирования, оборудование и методы оценки позволят улучшить знания, необходимые для мониторинга и оценки биомеханической нагрузки в связанной со здоровьем физической активности, упражнениях и спортивной практике, поэтому развитие топологических подходов к движению, к геометрическому образу движения, к пространственной форме движения является одним из перспективных направлений развития биомеханики.

Библиографический список

1. **Аллянов, Ю. Н.** Физическая культура: учебник для среднего профессионального образования / Ю. Н. Аллянов, И. А. Письменский. – 3-е изд., испр. – Москва: Юрайт. – 2021. – С. 39.
2. **Конеева, Е. В.** Физическая культура: учебное пособие для среднего профессионального образования / Е. В. Конеева [и др.]; под редакцией Е. В. Конеевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт. – 2021. – С. 45.
3. **Морозов, О. В.** Физическая культура и здоровый образ жизни: учебное пособие / О. В. Морозов, В. О. Морозов. – 4-е изд., стер. – Москва: ФЛИНТА. – 2020. – С. 98.
4. **Муллер, А. Б.** Физическая культура: учебник и практикум для среднего профессионального образования / А. Б. Муллер [и др.]. – Москва: Юрайт. – 2021. – С. 18.
5. **Филиппова, Ю. С.** Физическая культура: учебно-методическое пособие / Ю.С. Филиппова. – Москва: ИНФРА-М. – 2022. – С. 118.

A. A. Tashiyan, V. V. Plotnikova, E. V. Panov, V. A. Tashiyan

THE SPACE OF MOTION AND THE GEOMETRIC IMAGE OF MOTION

Abstract. From the standpoint of modern mathematics, space is a logically conceivable form or structure in which other forms and certain constructions are carried out. To some extent, continuum mechanics and differential geometry have come to understand the topological concepts of motions.

Keywords: space of motion, geometric image of motion, spatial form of motion, spatial coordination system, structure of motion, biomechanics, topology, conservation laws, philosophy of science.

For citation: The Space of Motion and the Geometric Image of Motion / A. A. Tashiyan, V. V. Plotnikova, E. V. Panov, V. A. Tashiyan // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – № 3. – P. 45–48.

Сведения об авторах

Ташиян Аршак Андраникович

Ростовский юридический институт
Министерства внутренних дел Российской
Федерации,
кафедра «Физической подготовки»,
кандидат юридических наук, доцент

Плотникова Валерия Викторовна

Ростовский юридический институт
Министерства внутренних дел Российской
Федерации,
студент

Панов Евгений Валентинович

Сибирский юридический институт
Министерства внутренних дел Российской
Федерации,

Information about the authors

Tashiyan Arshak Andranikovich

Rostov Law Institute of the Ministry of Internal
Affairs of the Russian Federation,
Chair « Physical Training »,
Candidate of Law Sciences, Associate
Professor,

Plotnikova Valeria Viktorovna

Rostov Law Institute of the Ministry of Internal
Affairs of the Russian Federation,
Student

PanovEvgenyValentinovich

Siberian Law Institute of the Ministry of
Internal Affairs of the Russian Federation,
Chair « Physical Training »,

кафедра «Физической подготовки»,
кандидат педагогических наук, доцент

Ташиян Виктория Аршаковна

Ростовский юридический институт
Министерства внутренних дел Российской
Федерации,
студент

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate
Professor,

Tashiyan Victoria Arshakovna

Rostov Law Institute of the Ministry of Internal
Affairs of the Russian Federation,
Student

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ, ТЯГА ПОЕЗДОВ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ

УДК 629.4.023.5:621.3.013 + 06

Н. В. Гребенников, А. А. Зарифьян

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНЫХ ЛОКОМОТИВОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ МОЩНОСТИ

Аннотация. В статье рассматриваются научные основы повышения энергетической эффективности автономных локомотивов с электрической передачей мощности. Особое внимание уделено внедрению современных технологий, таких как адаптивная (раздельная) работа дизель-генераторных установок и применение унифицированной структуры тягово-энергетической системы (ТЭС). Предложена унифицированная структура ТЭС, включающая различные источники энергии и накопители, что позволяет повысить общую эффективность работы автономных локомотивов.

Ключевые слова: автономные локомотивы, энергетическая эффективность, дизель-генераторная установка, адаптивная работа, унифицированная структура, тягово-энергетическая система, гибкие системы управления.

Для цитирования: Гребенников, Н. В. Научные основы повышения энергетической эффективности автономных локомотивов с электрической передачей мощности / Н. В. Гребенников, А. А. Зарифьян // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3. – С. 49–53.

Введение

Современные тенденции в транспортной отрасли требуют повышения энергоэффективности, что особо актуально для железнодорожного транспорта. Автономные локомотивы с электрической передачей мощности являются важной частью транспортной системы, и их энергетическая эффективность напрямую влияет на затраты на эксплуатацию и экосистему в целом. Снижение энергопотребления, повышение тяговых характеристик и надежности работы автономных локомотивов становятся первостепенными задачами, которые могут быть решены за счет применения новых технических решений и технологий.

Актуальность

Автономные локомотивы, используемые на железнодорожных линиях, потребляют значительное количество топлива. По данным ОАО «РЖД», энергозатраты на перевозки составляют около 40 % всех эксплуатационных затрат [1, 2]. Это определяет важность повышения эффективности использования тягового и вспомогательного оборудования локомотивов.

Основные исследования, направленные на повышение энергетической эффективности автономных локомотивов, заключаются в:

- разработке методов повышения эффективности работы автономных локомотивов на основе конструктивных решений и интеллектуальных систем управления;
- разработке компьютерных моделей для оценки и анализа энергетической эффективности локомотивов;

- проведении экспериментальных исследований режимов работы локомотивов в условиях реальной эксплуатации.

Современные методы повышения энергоэффективности

Для повышения эффективности автономных локомотивов используются несколько передовых технологий [3, 4]. В первую очередь, это гибридные силовые установки и многодизельные агрегаты, которые позволяют оптимизировать энергопотребление в зависимости от нагрузки. Применение таких систем способствует более эффективному использованию энергоресурсов в режиме эксплуатации, особенно на маневровых локомотивах, где частые изменения нагрузки приводят к существенным отклонениям от номинальных режимов работы локомотивов [5].

Одним из примеров является применение гибридных систем, где дизельная установка дополняется накопителями энергии торможения. Это позволяет повторно использовать энергию, которая иначе бы терялась в процессе торможения. В результате сокращается общий расход топлива на 10–15%, особенно при частом старте и остановке на маневровых работах.

Системы управления на основе искусственного интеллекта позволяют адаптировать работу локомотива к различным условиям эксплуатации. Такие системы могут автоматически выбирать оптимальные режимы работы тягового оборудования, снижая потребление топлива и повышая эффективность работы локомотива. Например, система может отключать часть оборудования в условиях минимальной нагрузки, что существенно снижает расход энергии в простое.

Адаптивная (раздельная) работа дизель-генераторных установок (ДГУ) позволяет гибко управлять мощностью в зависимости от нагрузки, что особенно эффективно при работе на участках с переменными требованиями к тяге (сложный профиль пути или однонаправленность грузового потока). В данном подходе локомотивы, оснащенные несколькими ДГУ (в том числе многосекционные локомотивы с одним дизелем на секцию), могут включать или отключать отдельные ДГУ или секции локомотива в зависимости от текущей нагрузки. Локомотив с двумя дизельными секциями может работать только на одной из них при движении на низкой скорости или при малой нагрузке. Как только возрастает необходимость в тяговой мощности (например, при движении по сложному профилю пути или при трогании с тяжелым поездом), автоматически подключается вторая секция. Это позволяет избежать перерасхода топлива при работе на неполной мощности, снижая потери и улучшая общую эффективность работы локомотива. Исследования показали, что такая адаптивная работа ДГУ позволяет сократить расход топлива до 20%, что также способствует снижению выбросов углекислого газа.

Современная концепция унифицированной структуры тягово-энергетической системы (ТЭС) [6] автономных локомотивов представлена на рисунке 1 и основана на модульности и гибкости.

Основная идея – создание единой платформы, тяговый привод которой, может питаться от различных источников энергии, включая дизельные двигатели, газотурбинные установки (ГТУ), водородные топливные элементы (ВТЭ) и накопители энергии (НЭ). Центральным элементом такой системы является звено постоянного напряжения (ЗПН), которое объединяет все элементы ТЭС. Такой подход позволяет постепенно совершенствовать технологии применения альтернативных видов источников энергии и обеспечивает преемственность накопленного опыта в области построения систем управления тяговым приводом и автономным локомотивом, а в случае применения систем с искусственным интеллектом, позволяет получить, обобщить и обучить систему управления на основе данных, полученных за все время эксплуатации унифицированной платформы.

Разработка компьютерных моделей и моделирование

Применение метода конечных элементов (МКЭ) для тяговых расчетов позволяет учитывать профиль пути и скорость движения поезда, что критически важно для оценки

энергетической эффективности локомотива в реальных условиях эксплуатации. Моделирование помогает найти оптимальные траектории движения, при которых минимизируется расход топлива и потери энергии.

Комплексные модели, реализованные в средах MATLAB/Simulink, позволяют создать симуляции режимов работы автономных локомотивов. Например, модели могут анализировать эффективность тягового оборудования при движении поезда на сложных участках пути, где требуется максимальная тяговая мощность. Также позволяют моделировать работу систем рекуперации энергии, которая возвращает энергию торможения обратно в накопители энергии локомотива. Еще одним аспектом является применение адаптивного управления скоростью, силой тяги и торможения, что позволяет обеспечить рациональные режимы работы силового и вспомогательного оборудования локомотива.

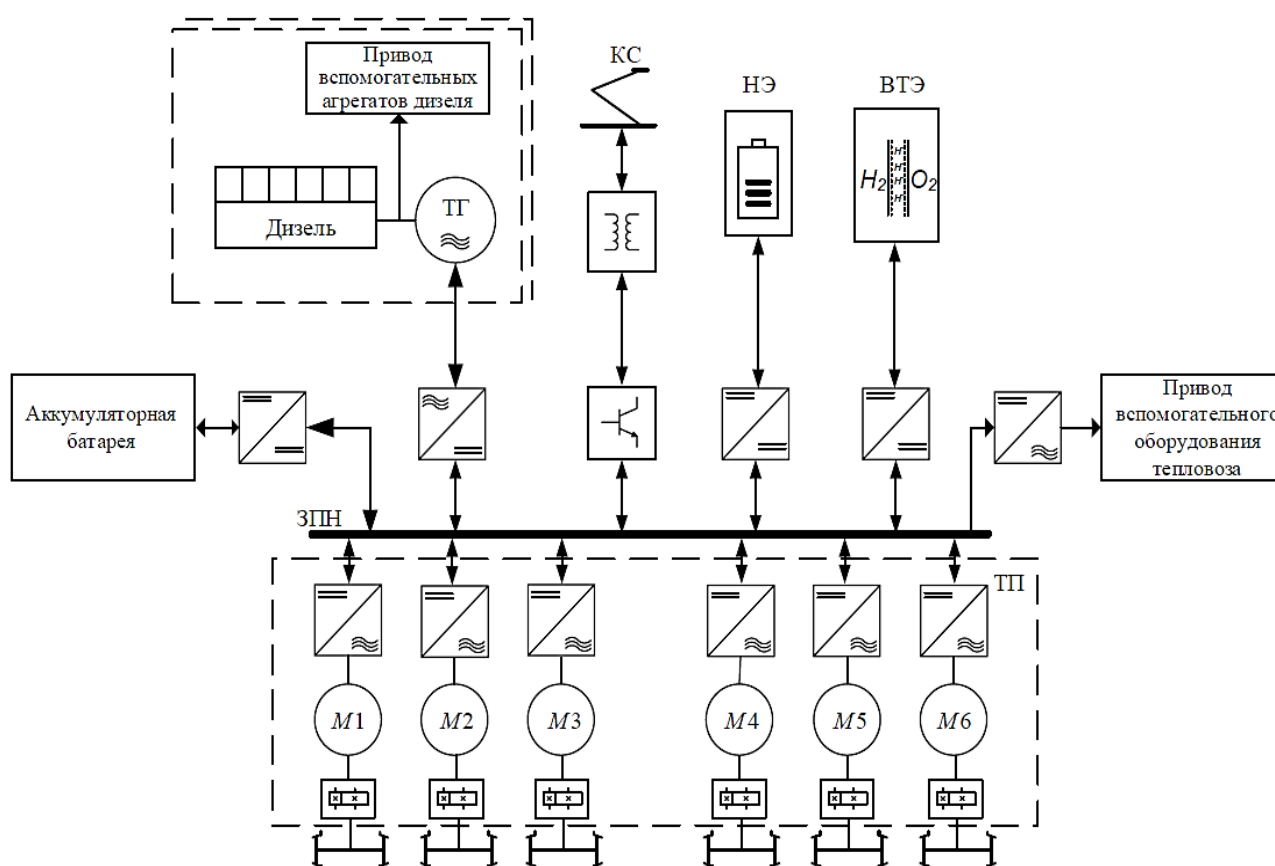


Рис. 1. Современная концепция унифицированной структуры тягово-энергетической системы

Экспериментальные исследования

Для подтверждения теоретических расчетов и компьютерного моделирования проведены экспериментальные исследования. В ходе экспериментов проанализированы такие параметры, как расход топлива, эффективность использования тягового оборудования, время работы на различных режимах и энергетическая эффективность в условиях реальной эксплуатации [1].

В одном из экспериментов был проведен анализ работы тепловоза 2ТЭ25КМ на Северо-Кавказской железной дороге. Результаты показали, что доля времени работы дизельного двигателя на холостом ходу составляла до 50 % всего времени эксплуатации, что свидетельствует о значительном потенциале для оптимизации работы двигателя.

Использование интеллектуальных систем управления может позволить автоматическое отключение двигателя во время длительных простоев или при движении на малой скорости.

При эксплуатации маневровых локомотивов, таких как ЧМЭЗ, анализ показал, что значительное количество топлива расходуется из-за неэффективного управления тягой. Применение адаптивных систем управления позволило сократить время работы двигателя на максимальной мощности и снизить общее энергопотребление на 15%.

Заключение

Повышение энергетической эффективности автономных локомотивов с электрической передачей мощности возможно за счет применения комплексного подхода, включающего модернизацию оборудования, внедрение интеллектуальных систем управления и использование унифицированных платформ. Экспериментальные данные подтверждают, что такие меры позволяют существенно сократить расход топлива, уменьшить выбросы вредных веществ и повысить надежность эксплуатации локомотивов. Внедрение предложенных решений обеспечит повышение эффективности транспортной системы и снижение эксплуатационных затрат.

Библиографический список

1. **Гребенников, Н. В.** Оценка энергетической эффективности локомотивов в эксплуатации / Н. В. Гребенников // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 1-2(84). – С. 118-125.
2. **Валенцева, Е. В.** К вопросу об оценке стоимости современного тягового подвижного состава на основе технико-эксплуатационных характеристик / Е. В. Валенцева, Т. З. Талахадзе, А. С. Шапшал // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – 2023. – № 1(152). – С. 43-47.
3. Анализ вариантов тяговой системы маневрового контактно-аккумуляторного электровоза / А. А. Андрющенко, А. А. Зарифьян мл, Т.З. Талахадзе[и др.] // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 20–22 апреля 2020 года. Том 2. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 57-60.
4. Особенности проектирования контактно-аккумуляторного маневрового электровоза / П. Г. Колпахчян, А. А. Зарифьян, Т. З. Талахадзе [и др.] // Электротехника. – 2021. – № 10. – С. 15-20.
5. Анализ вариантов тяговой системы маневрового контактно-аккумуляторного электровоза / А. А. Андрющенко, А. А. Зарифьян (мл), Н. В. Романченко [и др.] // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 20–22 апреля 2020 года. Том 2. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 57-60.
6. **Зарифьян, А. А.** Концептуальные направления развития структуры тягово-энергетических систем локомотивов / А. А. Зарифьян, Н. В. Гребенников // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2024. – Т. 67, № 3. – С. 92-98.

N. V. Grebennikov, A. A. Zarifian

SCIENTIFIC FOUNDATIONS FOR IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF AUTONOMOUS LOCOMOTIVES WITH ELECTRIC POWER TRANSMISSION

Abstract. The article discusses the scientific foundations for improving the energy efficiency of autonomous locomotives with electric power transmission. Special

attention is given to the implementation of modern technologies, such as adaptive (separate) operation of diesel-generator units and the application of a unified traction-power system (TPS) structure. A unified TPS structure is proposed, which includes various energy sources and storage units, improving the overall efficiency of autonomous locomotives.

Keywords: autonomous locomotives, energy efficiency, diesel-generator unit, adaptive operation, unified structure, traction-power system, flexible control systems.

For citation: Grebennikov, N. V. Scientific Foundations for Improving the Energy Efficiency of Autonomous Locomotives with Electric Power Transmission / N. V. Grebennikov, A. A. Zarifian // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – № 3. – P. 49–53.

Сведения об авторах

Гребенников Николай Вячеславович
Ростовский государственный
университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: grebennikovnv@mail.ru

Зарифьян Александр Александрович
Ростовский государственный
университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
доктор технических наук, профессор
e-mail: zarifian_aa@mail.ru

Information about the authors

Grebennikov Nikolay Vyachaslavovich
Rostov State Transport University (RSTU)
Chair «Traction Rolling Stock»,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: grebennikovnv@mail.ru

Zarifian Alexander Alexandrovich
Rostov State Transport University (RSTU)
Chair «Traction Rolling Stock»,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: zarifian_aa@mail.ru

УДК 629.423.33

П. В. Губарев, И. В. Больших, Д. В. Ольховатов, А. С. Шапшал

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОВОЗА ПОСЛЕ РЕМОНТА

Аннотация. Анализируя состояние электровозов, поступающих на заводской ремонт, становится очевидным, что в большей степени износу подвергаются узлы и детали электрического оборудования. Для повышения надежности работы электрооборудования на электровозоремонтных заводах и в депо требуется поэтапное внедрение современного диагностического оборудования, а также новых методов диагностики и испытаний локомотивов. В данной статье предлагается после завершения ремонта локомотивов проводить их испытания в сплотке. Рекомендуемая методика испытания тягового подвижного состава необходима для проверки тяговых качеств электровозов, а также определения их технико-экономических показателей.

Ключевые слова: заводской ремонт, электрическое оборудование, надёжность, тяговые двигатели, испытания в сплотке, тяговая характеристика, Тормозные характеристики, осциллограмма моделирования процесса.

Для цитирования: Губарев, П. В. Моделирование нагрузочных испытаний электровоза после ремонта / П. В. Губарев, И. В. Больших, Д. В. Ольховатов, А. С. Шапшал // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3. – С. 54–60.

Анализируя состояние электровозов, поступающих на заводской ремонт, становится очевидным, что в большей степени износу подвергаются узлы и детали электрического оборудования [1]. Выполненный анализ указывает на то, что особенно часто в процессе эксплуатации выходят из строя тяговые двигатели, вспомогательные машины и другие элементы электровозов [2, 3]. Опираясь на выполненный анализ можно сделать следующие выводы, что для повышения надежности работы электрических аппаратов и машин локомотивов после технического обслуживания и текущих ремонтов необходимо применение современных диагностических комплексов и оборудования, наряду с применением новейших методов диагностики и испытаний тягового подвижного состава.

В настоящей работе предлагается внедрить процедуру испытаний локомотивов, прошедших текущий ремонт, в составе сплотки. При этом один из локомотивов будет функционировать в режиме тяги, выполняя роль ведущего локомотива, а второй - в режиме электрического торможения, выступая в качестве ведомого.

Рекомендуемая методика испытания тягового подвижного состава относится к транспортной области и необходима для проверки тяговых качеств электровозов, а также определения технико-экономических показателей локомотивов и характеристик их основных узлов и агрегатов. Предлагаемые испытания также возможно использовать для измерения и проверки тяговых характеристик локомотивов, необходимых для определения унифицированной массы поезда и проведения тяговых расчетов.

Номинальная мощность тягового электродвигателя ведущего электровоза рассчитывается по формуле

$$P_o = \frac{F_k V}{3,6 N_0 \eta}, \quad (1)$$

где η – коэффициент полезного действия тягового редуктора;
 F_k – касательная сила тяги ведущего электровоза;
 V – скорость ведущего электровоза;
 N_0 – число осей ведущего электровоза.

Ток тягового двигателя определяется по формуле

$$I_{\text{дн}} = \frac{1000 P_{\text{дн}}}{U_{\text{дн}} \eta_{\text{дн}}}, \quad (2)$$

где $U_{\text{дн}}$ – номинальное напряжение, подаваемое на тяговый двигатель, В;
 $\eta_{\text{дн}}$ – коэффициент полезного действия тягового двигателя в номинальном режиме.
 Соответственно, значение силы тяги электровоза, кН:

$$F_k = N_0 \cdot F_d = 3,6 \cdot N_0 \frac{P_d \eta}{V}. \quad (3)$$

На рисунке 1 представлена тяговая характеристика ведущего электровоза ЭП20.

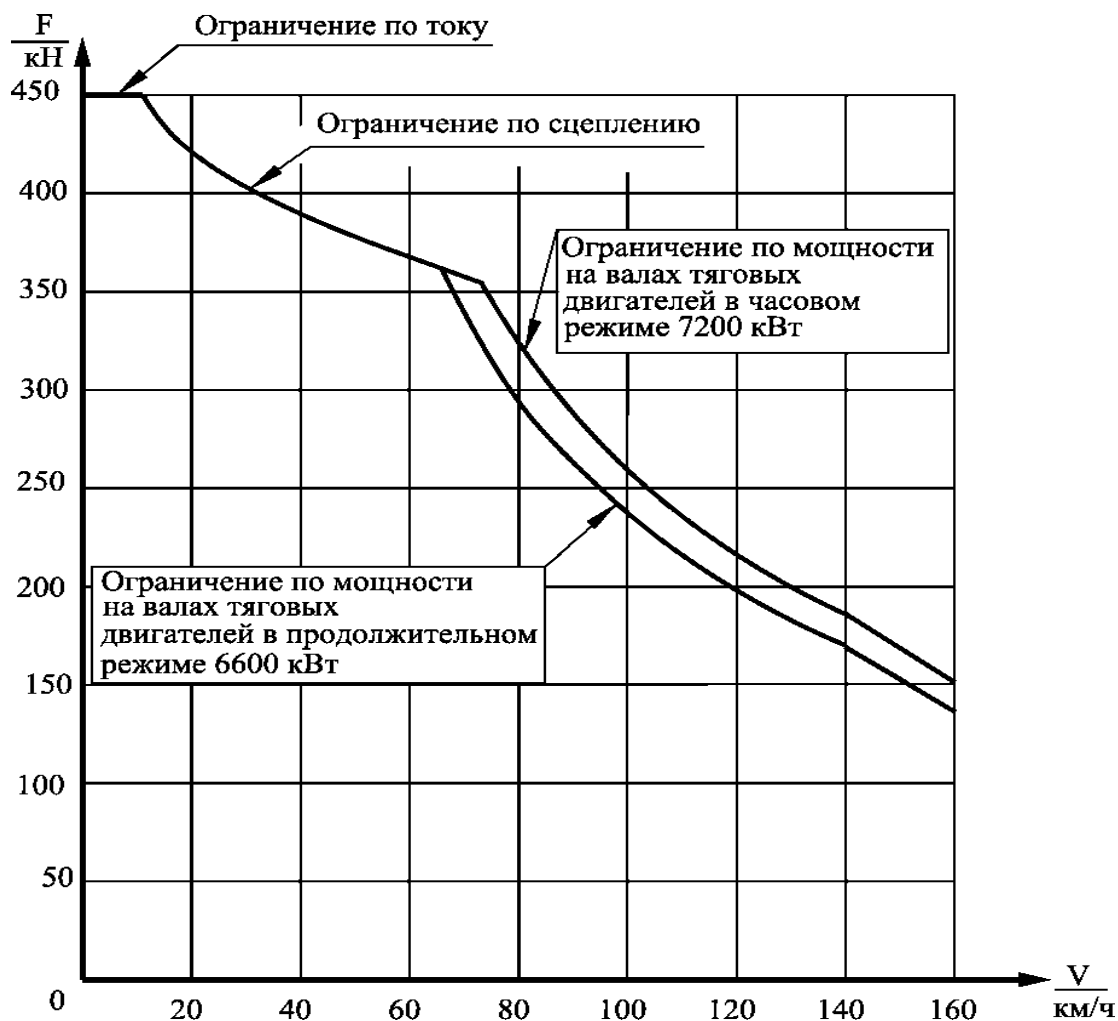


Рис. 1. Тяговые характеристики электровоза ЭП20:

V – скорость электровоза; F – сила тяги электровоза

Для тормозной силы из условия ограничения по мощности на валах тяговых двигателей можно записать

$$B_k = N_0 \frac{3,6P_{\text{дн}}}{\eta V}, \text{ кН.} \quad (4)$$

График $B_k = f(V)$ ведомого электровоза ЭП20 представлен на рисунке 2.

Пусть на ведущий электровоз массой m , совершающий прямолинейное движение, действуют следующие силы (рис. 3):

1 Сила тяги ведущего электровоза F .

2 Сила сопротивления, пропорциональная скорости движения: $R = -\mu \cdot x_d'$, ($V = x_d'$)

Здесь μ – коэффициент сопротивления силы R .

3 Сила торможения B от второго электровоза, сцепленного с ведущим и работающего в режиме электрического торможения.

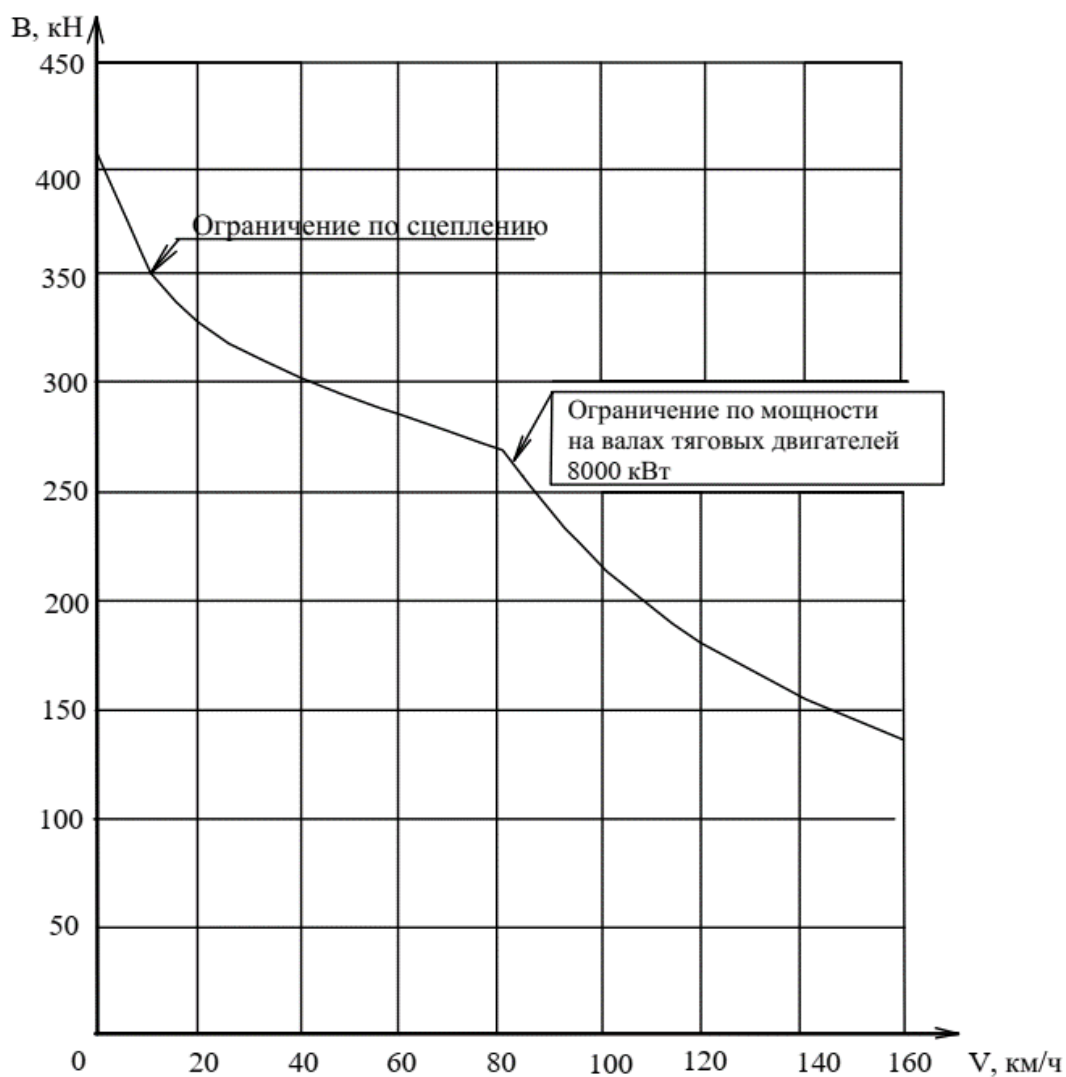


Рис. 2. Тормозные характеристики электровоза ЭП20 при рекуперации:

V – скорость электровоза; B – тормозная сила электровоза

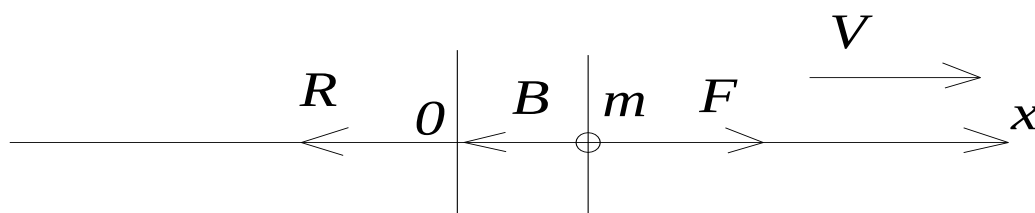


Рис. 3. Расчетная схема испытания двух электровозов

Запишем и преобразуем дифференциальное уравнение движения двух электровозов:

$$m \cdot x_d'' + R + B - F = 0;$$

$$m \cdot x_d'' = F - B - \mu \cdot x_d'; \quad (5)$$

$$x_d'' = \frac{1}{m} (F - B - \mu \cdot x_d').$$

Исходные данные:

$m = 1350$ кН;

$1/m = 0,0007$ 1/кН.

Выполним моделирование данного процесса испытания двух электровозов в цепке в программе SimInTech [4–7] (рис. 4).

Здесь заданы следующие параметры:

Для силы тяги: $t=0; 100; 10000$ с;

$F=50; 300; 300$ кН;

$\mu=13,5$ кН/м/с.

Для силы торможения:

$t=0; 600; 700; 10000$ с;

$B=0; 0; 300; 300$ кН.

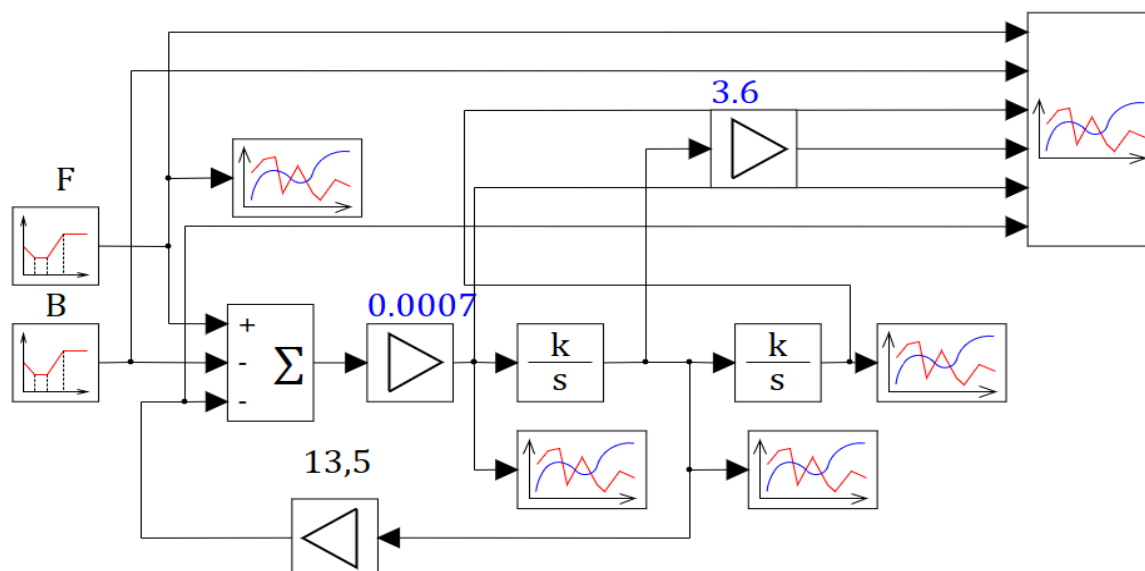


Рис. 4. Модель процесса движения сплотки электровозов в режимах тяги и рекуперации при измененных параметрах

Осциллограмма моделирования процесса движения сплотки электровозов в режимах тяги и рекуперации представлена на рисунке 5.

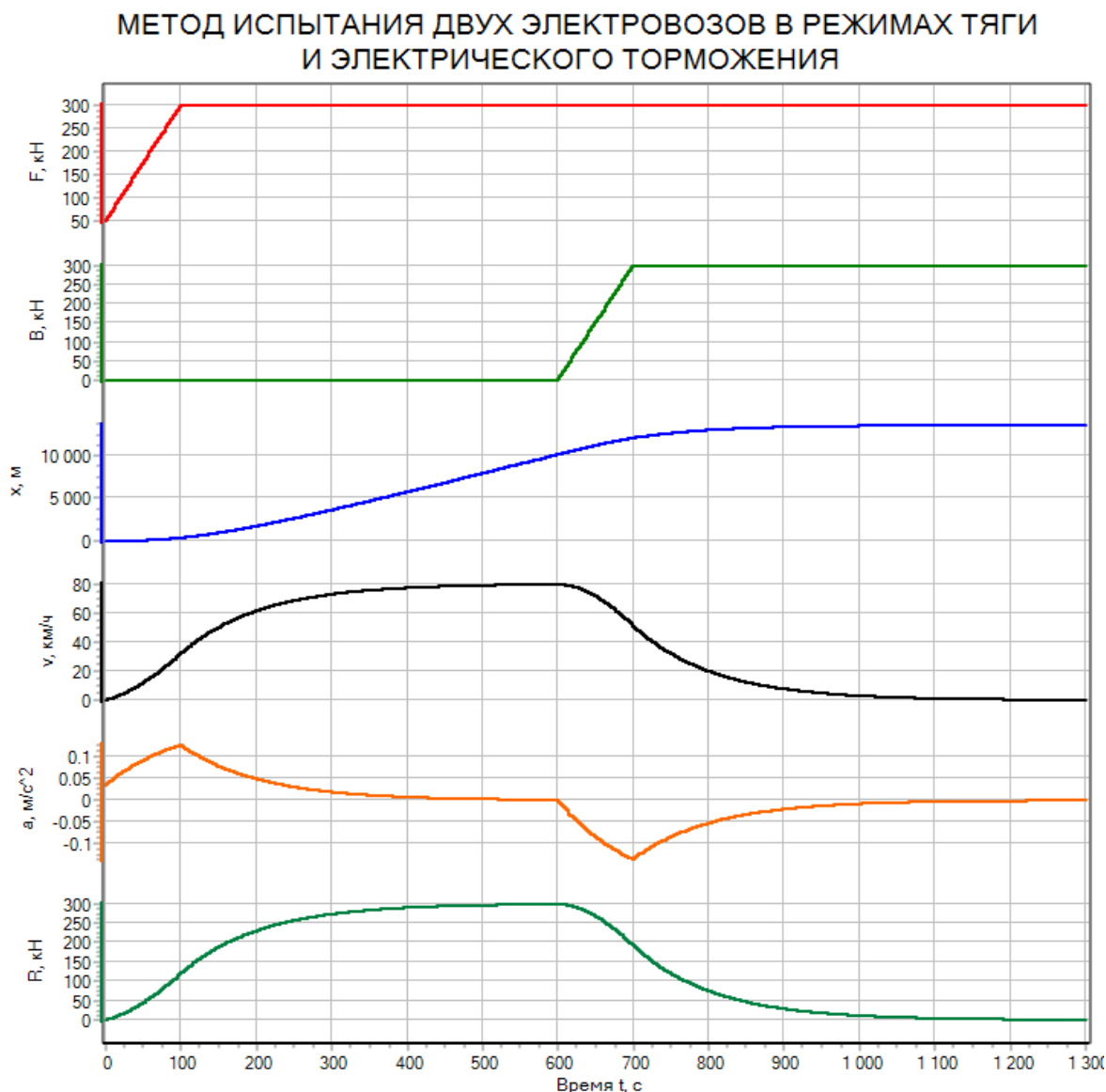


Рис. 5. Осциллограмма моделирования процесса движения сплотки электровозов в режимах тяги и рекуперации

Выводы

- 1 Исчезает необходимость в использовании дорогостоящей вагон-лаборатории.
- 2 Рекомендуемая методика проверки электровозов под нагрузкой после окончания ремонта позволяет определять состояние электрического оборудования или выявлять результаты выполненных работ, которые по своему качеству не соответствуют установленным стандартам или техническим условиям.
- 3 Появляется возможность проверки работоспособности электрического тормоза на ведомом электровозе.
- 4 На графиках виден темп набора расстояния пути, что позволяет, изменяя силы тяги и торможения, выбрать оптимальный режим испытаний.
- 5 Графическая зависимость показывает темп прироста расстояния, где, изменяя усилия тяги и торможения, можно выбрать оптимальный режим движения при испытании электроподвижного состава.

Библиографический список

1. **Балашов, Е. Д.** Подходы к модернизации электровозов постоянного тока с реостатно-контакторной системой регулирования с применением импульсных преобразователей постоянного напряжения / Е. Д. Балашов, Д. Е. Притыкин, А. Д. Петрушин // Транспорт: наука, образование, производство : труды Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 25–27 апреля 2022 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 15–19.
2. **Петрушин, А. Д.** Повышение надежности изоляции обмоток тяговых вентильно-индукторных двигателей / А. Д. Петрушин, Д. А. Пигалев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4(57). – С. 73–78.
3. **Гребенников, Н. В.** Определение коэффициента полезного действия тяговых электрических машин локомотивов в условиях эксплуатации / Н. В. Гребенников // Транспортное машиностроение. – 2023. – № 4(16). – С. 31–38.
4. Среда динамического моделирования технических систем SimInTech / Б.А. Карташов, Е.А. Шабаев, О.С. Козлов, А.М. Щекатуров. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 423 с.
5. Программное обеспечение SimInTech для программирования приборов систем управления / Ф.И. Баум, О.С. Козлов, И.А. Паршиков [и др.] // Атомная энергия. – 2012. – Т. 113, Вып. 6. – С. 354–357.
6. **Щекатуров, А. М.** Методика разработки функционального программного обеспечения АСУ ТП ЯЭУ с применением модельно-ориентированного подхода в SimInTech / А.М. Щекатуров, К.А. Тимофеев, О.С. Козлов // Университетский научный журнал. – 2015. – №15. – С. 80–87.
7. Справочная система SimInTech [Электронный ресурс]. – URL: <http://simintech.ru/help/rus>.

P. V. Gubarev, I. V. Bolshykh, D. V. Olkhovaton, A. S. Shapshal

SIMULATION OF ELECTRIC LOCOMOTIVE LOAD TESTS AFTER THE REPAIR

Abstract. Analyzing the condition of electric locomotives arriving for factory repairs, it becomes obvious that components and parts of electrical equipment are more subject to wear. To improve the reliability of electrical equipment at electric locomotive repair plants and depots, a phased introduction of modern diagnostic equipment, as well as new methods of diagnosis and testing of locomotives is required. This article suggests that after the repair of locomotives is completed, they should be tested in a raft. The recommended test procedure for traction rolling stock is necessary to check the traction qualities of electric locomotives, as well as to determine their technical and economic indicators.

Keywords: factory repair, electrical equipment, reliability, traction motors, tests in a raft, traction characteristics, Braking characteristics, oscillogram of process modeling.

For citation: Gubarev, P. V. Simulation of Electric Locomotive Load Tests After the Repair / P. V. Gubarev, I. V. Bolshykh, D. V. Olkhovaton, A. S. Shapshal // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – № 3. – P. 54–60.

Сведения об авторах**Губарев Павел Валентинович**

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

Больших Иван Валерьевич

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

Ольховатов Дмитрий Викторович

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

Шапшал Александр Сергеевич

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

Information about the authors**Gubarev Pavel Valentinovich**

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

Bolshykh Ivan Valeryevich

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

Olkhovatov Dmitry Viktorovich

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

Shapshal Alexander Sergeevich

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

УДК 629.423.3 + 06

Н. С. Евтеев, Е. Е. Мирошниченко

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ МАСЛОНАСОСА ТЯГОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ЭЛЕКТРОВОЗА

Аннотация. Большое количество отказов маслонасосов тягового трансформатора приходится на вспомогательный электропривод. В работе рассмотрены факторы и условия работы вспомогательного электропривода, влияющие на его ускоренное старение и выход маслонасосов из строя. С целью выявления причин возникновения отказов, проведён анализ диаграммы Исикавы. В ходе анализа выявлено, что большинство отказов приходится на асинхронный электродвигатель, вследствие его работы в сложных условиях. Для повышения ресурса работы маслонасоса предложена замена асинхронного двигателя на вентильно-индукторную машину.

Ключевые слова: вспомогательная электрическая машина, маслонасос, тяговый трансформатор, электродвигатель, вентильно-индукторная машина.

Для цитирования: Евтеев, Н. С. Повышение надёжности маслонасоса тягового трансформатора электровоза / Н. С. Евтеев, Е. Е. Мирошниченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3. – С. 61–66.

Для эффективного выполнения высоких показателей перевозки грузов, по всей сети железных дорог используются мощные грузовые электровозы, способные преодолевать длинные перегоны со сложным профилем пути, а также устойчивые к резким перепадам температур в широком диапазоне.

Основными локомотивами, выполняющими перевозки в грузовом движении на железных дорогах, электрифицированных переменным током, являются электровозы серии ВЛ80С и 2(3)ЭС5К «Ермак». Работоспособность большинства узлов и агрегатов таких электровозов обеспечивают вспомогательные устройства и механизмы, в состав которых входят вспомогательные электрические машины (ВЭМ).

На сегодняшний день в электровозах переменного тока в качестве ВЭМ используются асинхронные двигатели (АД). Вспомогательные АД представляют собой электрические машины, работающие на переменном трехфазном токе, в состав которых входит короткозамкнутый ротор. Электромашинные фазорасщепители или системы конденсаторного пуска дают возможность преобразовать однофазный ток в трехфазный [1].

Надежность вспомогательных асинхронных машин (ВАМ) электровозов зависит от действия ряда факторов (рис. 1).

Большие нагрузки во время пуска, а также неустойчивость к скачкам напряжения в контактной сети оказывают существенное воздействие на ресурс работы ВАМ.

Процессы, которые протекают в силовых и вспомогательных цепях, отрицательно влияют на величину напряжения контактной сети. В связи с чем, напряжение на ВАМ может иметь отклонения от установленного уровня в пределах от –39% и до +25%. Допустимые же пределы колебаний соответствуют $\pm 10\%$.

Во время пуска электродвигателя может наблюдаться явление не симметрии напряжения и тока, вследствие чего происходит перегрев короткозамкнутой роторной обмотки, а затем ее выплавление.

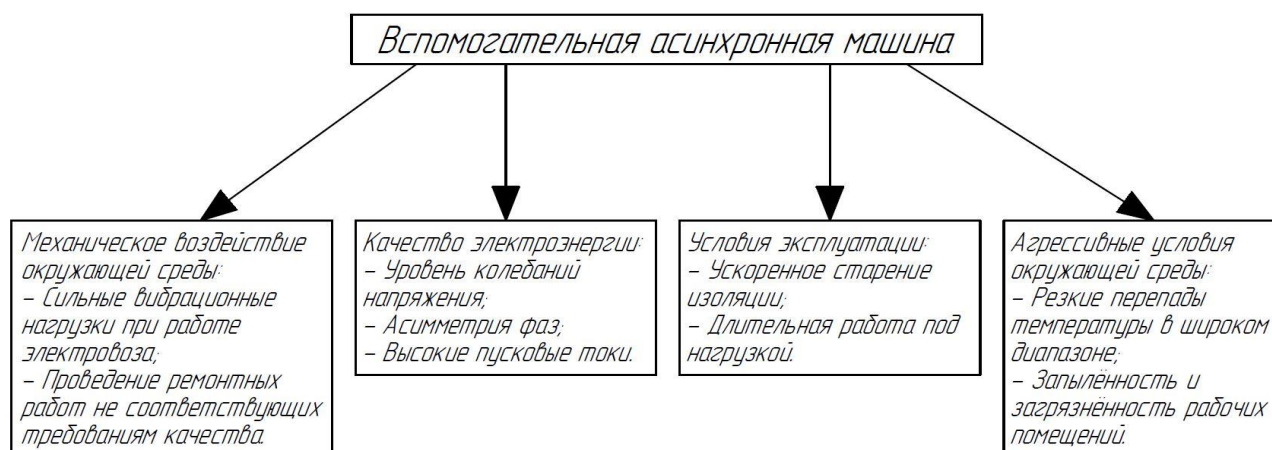


Рис. 1. Факторы, воздействующие на надёжность вспомогательных асинхронных машин

При подобном резком снижении напряжения на выходе фазорасщепителя, часто случается сдвиг фаз напряжения и тока. В таком случае, интервал, необходимый для запуска АД маслососа увеличивается. Это явление приводит к дополнительному нагреву обмотки статора, чем снижает ресурс её изоляции.

Помимо вышеуказанного, увеличенный интервал запуска двигателя приводит к перегреву, а также выплавлению обмотки на роторе, выкипанию смазки из подшипника, вследствие чего происходят короткие замыкания обмоток и заклинивание ротора.

Отрицательное воздействие на надёжность ВАМ оказывают условия внешней среды. Так, электрические машины электровозов могут эксплуатироваться в различных климатических зонах, следовательно, возможно изменение температуры окружающей среды в интервале от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Плотное расположение оборудования в высоковольтных камерах (ВВК), а также трансформаторном помещении электровозов ВЛ80С и 2(3)ЭС5К затрудняет охлаждение ВАМ особенно в летний период. Данное обстоятельство приводит к пересыханию, либо перегреву изоляции, и далее к преждевременному её старению.

Во время эксплуатации ВАМ в зимний период на изоляционные материалы обмоток оказывает влияние повышенная влажность. Причиной ее появления служат частые перепады температур. Увлажненная изоляция имеет меньшее сопротивление, поэтому при прохождении тока между витками обмотки возникает короткое замыкание, приводящее к пробое изоляции и последующему отказу двигателя.

Объектом исследования, проводимого в работе, служит АД маслососа тягового трансформатора (ТТ) для электровоза переменного тока.

Целью исследования является повышение эксплуатационной надёжности ВЭМ маслососа ТТ электровоза переменного тока.

Метод исследования представляет собой традиционный путь исследования надёжности, заключающийся в анализе статистических данных об отказах маслососов ТТ посредством построения диаграммы Исикавы.

В состав блока тягового трансформатора электровоза переменного тока входит ТТ и его маслосос с ВЭМ асинхронного типа, установленный сверху (рис. 2). ВЭМ состоит из трёхфазного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Блок ТТ на электровозе устанавливается по середине, между первой и второй ВВК, внутри трансформаторного помещения. На электровозах переменного тока маслосос ТТ подключается к общей электросхеме локомотива по трехпроводной системе «звезда» следующим образом: первая и вторая фазы асинхронной машины, называемые двигательными, подключаются к обмотке

собственных нужд ТТ; третья ее фаза, называемая генераторной, подключена к расщепителю фаз и возникает при его запуске.



Рис. 2. Блок тягового трансформатора локомотива серии 2ЭС5К «Ермак» в сборе с маслонасосом

По результатам анализа статистической информации [2] определены основные предполагаемые дефекты маслонасосов ТТ в период за 2019 – 2020 гг., представленные в табл.

Таблица

Статистика дефектов маслонасосов ТТ в период за 2019 – 2020 гг.

Тип отказа	Количество отказов за год	
	2019 г.	2020 г.
Межвитковое замыкание обмоток	4	2
Пробой изоляции обмоток	3	3
Излом вала ротора	2	2
Разрушение подшипника	1	3
Короткое замыкание обмотки статора	2	1
Трещина крыльчатки	1	2
Заклинивание ротора	-	1
Проворот ротора	-	1

С целью установления причин и факторов, оказывающих влияние на отказы АД маслonaсосов ТТ, произведено построение диаграммы Исикавы для основной группы дефектов (рис. 3). Диаграмма Исикавы в данном случае позволяет выстроить логическую цепочку и структурировать предполагаемые причины возникновения неисправностей в маслonaсосах ТТ для получения пошагового плана по их устранению.

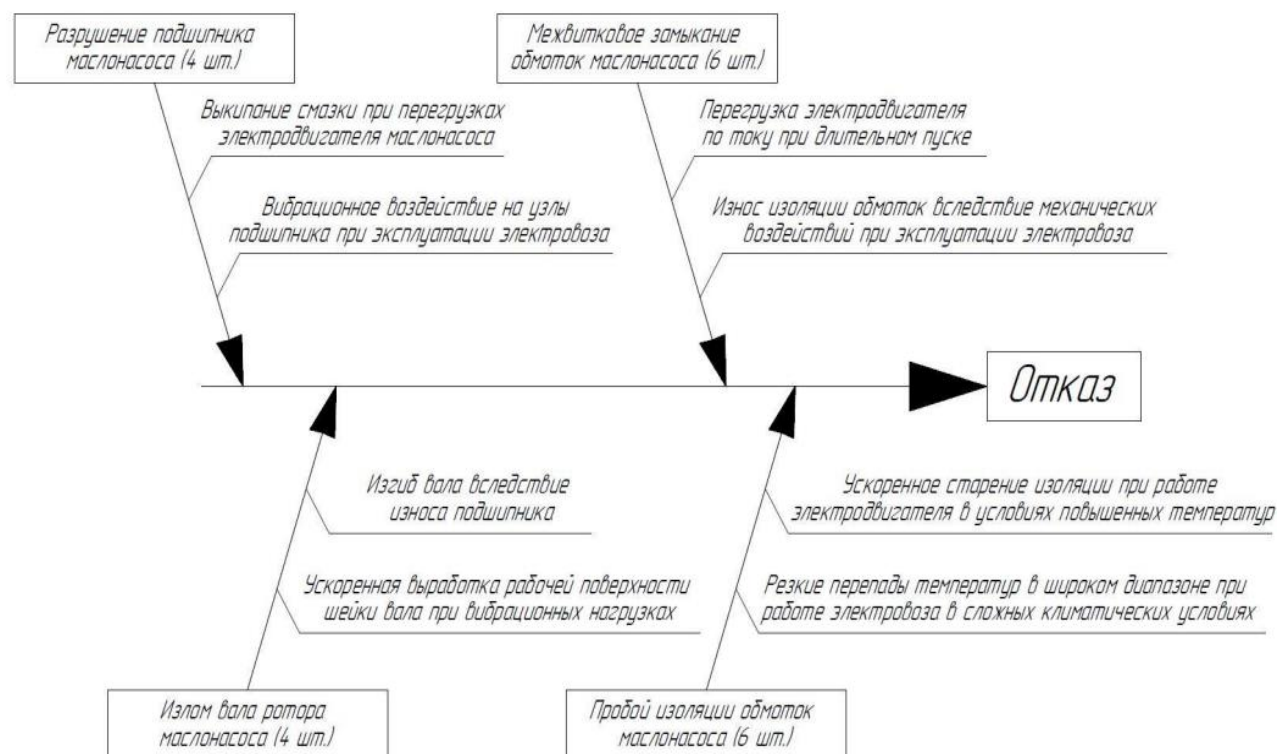


Рис. 3. Диаграмма Исикавы для дефектов, которые привели к неисправности

Анализ диаграммы показал, что отказы маслonaсосов ТТ, связанные с выходом из строя АД, происходят вследствие температурных нагрузок и ускоренного старения изоляции при увеличении времени пуска электродвигателя из-за скачков напряжения в контактной сети, и агрессивной среды работы электродвигателя с высокими вибрационными нагрузками.

С целью повышения надёжности маслonaсосов ТТ, рассматривается возможность замены АД маслonaсоса на вентильно-индукторную электрическую машину (ВИМ).

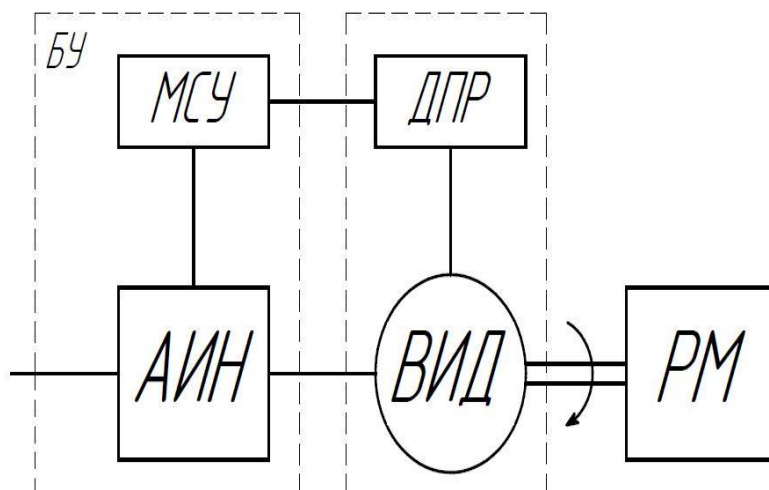
ВИМ не имеет роторной обмотки, в связи с чем у таких машин отсутствуют проблемы с повреждением изоляции обмотки ротора, её старением, а также перегревом ротора [3].

Фазные катушки статора ВИМ обладают высокой жёсткостью, что является преимуществом конструкции при использовании электрической машины в условиях постоянных механических воздействий и вибраций при движении электроваза [3].

Фазные обмотки статора ВИМ независимы друг от друга, тогда в случае аварийной ситуации, например, повлекшей обрыв одной из фаз, существует возможность дальнейшей работы электрической машины на исправных фазах.

Ещё одним преимуществом использования ВИМ перед асинхронной машиной является её автономность. Так, благодаря подключению к однофазному постоянному току, используя только обмотку собственных нужд ТТ и выпрямитель, возможно отказаться от использования фазорасщепителя в цепи питания маслonaсоса, повысив стабильность его работы.

На рис. 4 показаны основные структурные элементы вспомогательного вентильно-индукторного привода электроваза.



*АИН – автономный инвертор напряжения; МСУ – микропроцессорная система управления;
БУ – силовой блок управления; ДПР – датчик положения ротора;
ВИД – вентильно-индукторный двигатель; РМ – рабочий механизм (маслонасос).*

Рис. 4. Структурные элементы вспомогательного вентильно-индукторного привода для электровоза

Выводы.

Исходя из анализа статистических данных с использованием диаграммы Исикавы заключено, что возникает необходимость повышения эксплуатационной надежности ВЭМ маслонасосов ТТ электровозов переменного тока.

Применение ВИМ в составе маслонасоса способно значительно повысить его надежность, за счёт отсутствия основных недостатков АД, вызывающих отказы, связанные с электрической частью рассматриваемого узла. ВИМ обладает всеми необходимыми качествами для обеспечения долговечной работы маслонасоса ТТ, в том числе автономностью, так как имеется возможность питания постоянным током без участия фазорасщепителя.

Библиографический список

1. **Ольховатов, Д. В.** Разработка энергоэффективного асинхронного электропривода мотор-вентилятора электровоза / Д. В. Ольховатов, А. В. Шевкунова // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2023. – №3 (59). – С. 46–55.
2. **Губарев, П. В.** Анализ надежности узлов электровозов по Северо-Кавказской железной дороге за 2016-2019 гг. / П. В. Губарев, А. С. Шапшал, А. С. Курочкин // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2021. – Вып. 3. – С. 69–73.
3. **Ворон, О. А.** Обоснование использования вентильно-индукторных электрических машин для управления потоком энергии рекуперации электрического подвижного состава / О. А. Ворон, В. В. Сироткин, А. Д. Петрушин // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2023. – Т. 66. – №4. – С. 34–39.

N. S. Evteev, E. E. Miroshnichenko

INCREASING THE RELIABILITY OF THE OIL PUMP OF THE TRACTION TRANSFORMER OF AN ELECTRIC LOCOMOTIVE

Abstract. A large number of failures of traction transformer oil pumps are due to the auxiliary electric drive. The paper examines the factors and operating conditions of the auxiliary electric drive that affect its accelerated aging and failure of oil pumps. In order to identify the causes of failures, an analysis of the Ishikawa diagram was conducted. The analysis revealed that most failures are due to the asynchronous electric motor, due to its operation in difficult conditions. To increase the service life of the oil pump, it is proposed to replace the asynchronous motor with a valve-induction machine.

Keywords: auxiliary electric machine, oil pump, traction transformer, electric motor, switched-reluctance machine.

For citation: Evteev, N. S. Increasing the Reliability of the Oil Pump of the Traction Transformer of an Electric Locomotive / N. S. Evteev, E. E. Miroshnichenko // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – № 3. – P. 61–66.

Сведения об авторах

Евтеев Никита Сергеевич

Ростовский государственный
университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
аспирант,
e-mail: evteev200005@mail.ru

Мирошнichenko Екатерина Евгеньевна

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

Information about the authors

Evteev Nikita Sergeevich

Rostov State Transport University (RSTU)
Chair «Car and Car Economy»,
Graduate Student,
e-mail: evteev200005@mail.ru

Miroshnichenko Ekaterina Evgenievna

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

УДК 629.4.016.2

Д. Н. Курилкин, А. А. Романова, Н. В. Кириллов

ВЛИЯНИЕ УЧЕТА ФАКТИЧЕСКИХ ТЯГОВЫХ СВОЙСТВ ТЕПЛОВОЗОВ НА ТОЧНОСТЬ ТЯГОВЫХ РАСЧЕТОВ

Аннотация. В работе рассмотрены результаты определения фактических тяговых свойств тепловозов 2ТЭ116У и результаты выполнения тяговых расчетов по реальным тяговым характеристикам. Доказано, что учет фактических тяговых характеристик тепловозов существенно повышает точность выполнения тяговых расчетов.

Ключевые слова: расчет тяговой характеристики, тяговые расчеты.

Для цитирования: Курилкин, Д. Н. Влияние учета фактических тяговых свойств тепловозов на точность тяговых расчетов / Д. Н. Курилкин, А. А. Романова, Н. В. Кириллов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3. – С. 67–72.

Микропроцессорные устройства управления и диагностирования современных тепловозов в своем составе имеют устройства накопления и передачи информации о параметрах работа локомотива и движения поезда [1]. Анализ данной информации позволяет получить представление о фактических тяговых и энергетических характеристиках тепловозов имеющих существенные отличия для конкретных единиц. Как было ранее обосновано в ряде исследований, техническое состояние узлов тягового привода и вспомогательного оборудования существенно влияет на выбор режимов работы обеспечивающих его энергоэффективность [1-3]. На данный момент времени имеется достаточно большое число наработок, направленных на интеллектуальную обработку информации микропроцессорных систем управления и диагностики локомотивов для реализации их оперативной диагностики [4].

Несмотря на это, при выполнении тяговых расчетов, в том числе при поиске энергооптимальных режимов ведения поезда, как правило, используются паспортные характеристики локомотивов [5-7].

Методика определения фактических тяговых характеристик была подробно рассмотрена в ряде публикаций [1-3]. В данной работе рассматривались тепловозы серии 2ТЭ116У, для которых в результате обработки данных подсистемы диагностики МСУ-ТП могут быть определены следующие параметры энергетической цепи:

- сопротивление в цепи ТЭД;
- нагрузочные характеристики ТЭД;
- мощность на выходе выпрямительной установки (с разбивкой по позициям);
- затраты энергии на возбуждение синхронного тягового генератора и возбuditеля;
- затраты энергии на привод вентиляторов системы охлаждения дизеля (с разбивкой по позициям);
- затраты энергии на подзарядку аккумуляторной батареи;
- затраты энергии на тормозной компрессор.

Расчеты выполнялись для двух тепловозов серии 2ТЭ116У № 187 и № 189, находящиеся в постоянной эксплуатации на полигоне Октябрьской железной дороги - филиала ОАО «Российские железные дороги», оборудованные микропроцессорными системами управления и диагностики МСУ-ТП.

По данным подсистем диагностики локомотивов за период с 20.07 по 26.07.2023 года для каждой секции были рассчитаны их актуальные тяговые и расходные характеристики.

Ни рис. 1 приведены значения мощности (ΣP), реализуемые на выходе выпрямительных установок при работе системы регулирования в зоне ограничения мощности дизеля для различных позиций контроллера тепловозов (ПКМ) 2ТЭ116У № 187 и № 189. Расчет выполнялся в соответствии с методикой, приведенной в [1].

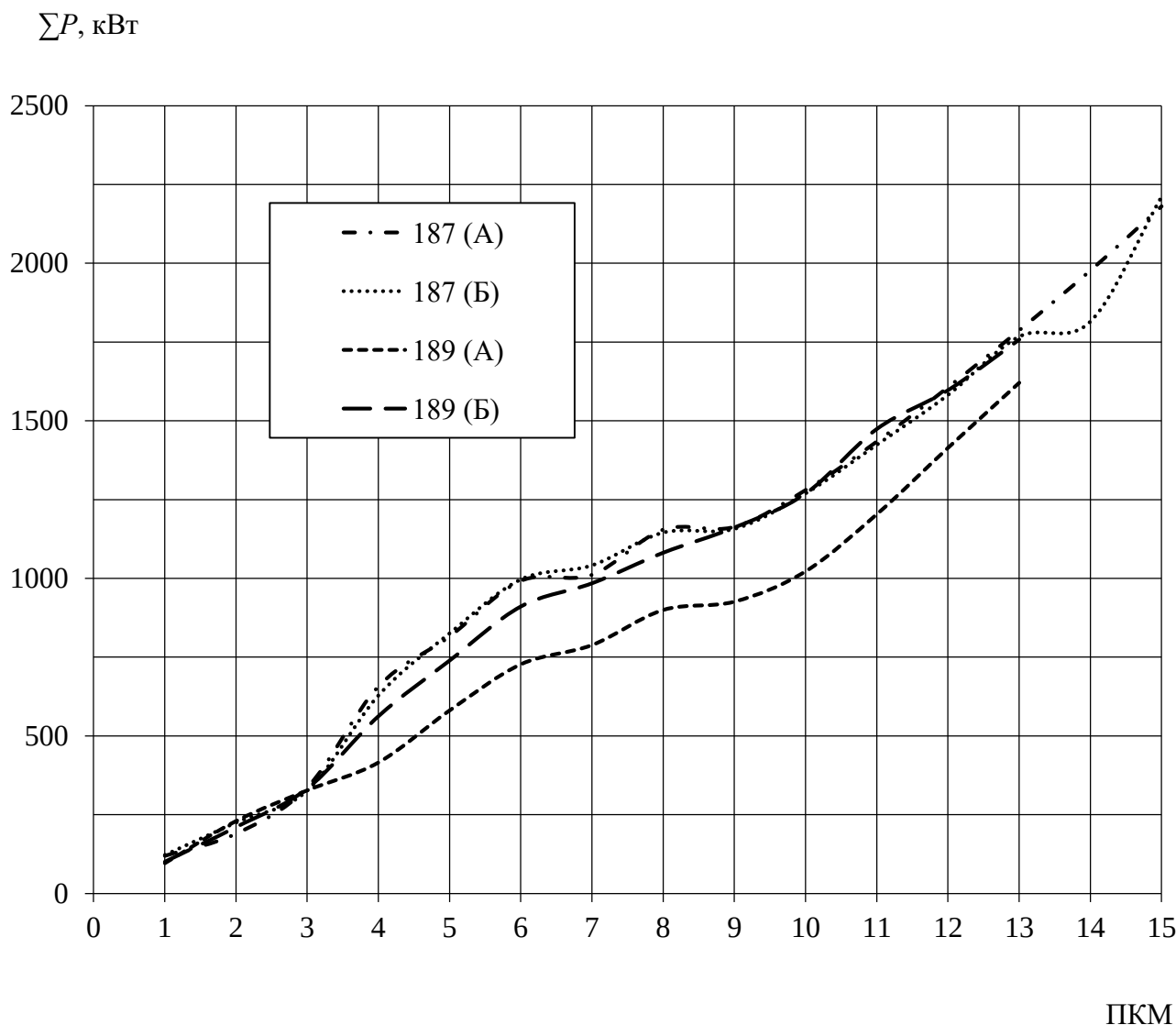


Рис. 1. Математическое ожидание мощности, на выходе выпрямительной установки тепловозов 2ТЭ116У №187 и №189

Аналогично были определены остальные данные, необходимые для расчета фактических тяговых и энергетических характеристик тепловозов.

После расчета составляющих энергетической цепи тепловоза [1] был выполнен расчет фактических тяговых и расходных характеристик данных локомотивов. Результаты расчета фактической характеристики тепловоза 2ТЭ116У №187 (секция А) показаны на рис. 2.

На втором этапе для каждого тепловоза было выполнено сравнение действительной траектории движения поезда в одной из поездок с расчетной траекторией, полученной в результате тягового расчета с использованием расчетной и паспортной (приведенной в ПТР) тяговых характеристик для известных режимов управления, параметров подвижного состава и климатических условий.

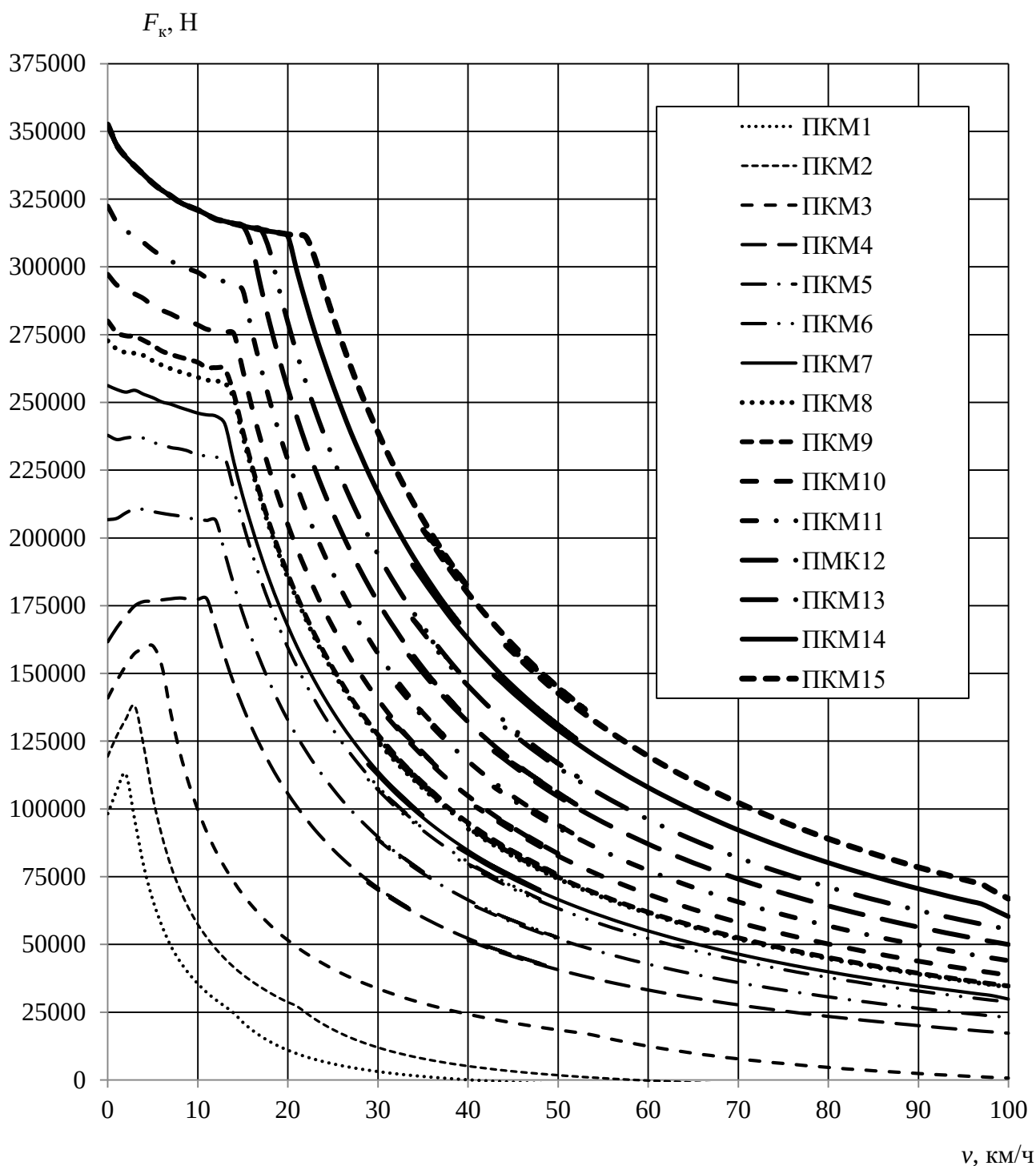


Рис. 2. Тяговая характеристика секции А тепловоза 2ТЭ116У №187

Анализировались поездки локомотивов 2ТЭ116У № 187 и № 189, выполненные 27.07.2023 по маршруту от ст. Гатчина-Товарная-Балтийская до момента проследования выходного светофора ст. Котлы-2, время хода на котором составило 1 час 56 минут для поезда № 2462 и 1 час 57 минут для поезда № 2720.

Состав грузового поезда № 2462 с тепловозом 2ТЭ116У № 187 представлял собой 66 груженых цистерн. Данные о типе вагона принимались на основании его номера в натурном

листе поезда формы ДУ-1, составленном на ст. Сиверская. Масса брутто состава поезда составила 6047 т. Состав грузового поезда № 2720 представлял собой 57 груженных цистерн. Масса брутто составила 5158 т.

Фактические данные о режимах ведения поездов № 2462 и № 2720 (позиция контроллера машиниста, скорость движения в зависимости от местоположения локомотива) определялись на основании записей микропроцессорных систем управления и диагностики МСУ-ТП тепловозов 2ТЭ116У № 187 и № 189. Время прохождения выходных светофоров ст. Гатчина-Товарная-Балтийская и Котлы–2, а также время прохождения всех промежуточных станций на участке фиксировались машинистами локомотива по системному времени дисплейного модуля МСУ-ТП. Из набора имеющихся в системе данных были выбраны и записаны в отдельный файл значения текущего времени, скорости движения и позиции контроллера машиниста.

После обработки данных для обоих рассматриваемых поездов были получены экспериментальные зависимости скорости движения и позиции контроллера от пройденного пути. Далее при помощи программного комплекса для выполнения тяговых расчетов в пошаговом и автоматическом режиме [8] был выполнен расчет в ручном режиме для экспериментальной зависимости с использованием фактических тяговых характеристик и тяговых характеристик, приведенных в правилах тяговых расчетов.

Результаты расчета показали, что, кривая скорости, рассчитанная с учетом фактической тяговой характеристики тепловоза, существенно отличается от кривой скорости, определенной по справочной тяговой характеристике. При учете фактической тяговой характеристики результаты расчета оказываются значительно ближе к фактической кривой скорости. При этом в два раза уменьшается среднеквадратическая ошибка определения скорости движения.

Для оценки влияния ошибки в определении скорости движения поезда на выполнение графика движения поездов были определены значения времени хода между различными станциями. Результаты расчета для поезда № 2462 приведены в таблице. Аналогичные результаты получены для поезда №2720.

Таблица

Время хода грузового поезда №2462 при расчетных и экспериментальной траекториях движения

Станция	Отметка пути	Расстояние, м	Время хода по факт. скорости, мин	Время хода по записи машиниста, мин	Время хода при расчете по факт. характер., мин.	Время хода при расчете по характ. ПТР, мин.
Войсковицы	52200	2400	5,3	6	5,4	5,4
Елизаветино	67300	17500	24,5	24	24,6	23,8
Кикерино,	75900	26100	33,6	33	33,7	32,6
Волосово,	84800	35000	42,4	41	42,5	40,7
Молосковицы,	109400	59600	66,7	66	67,1	63,6
Веймарн,	121600	71800	78,2	78	78,3	74,5
Керстово	128350	78550	85,3	86	85,4	81,4
Котлы – 2	149570	99770	115,4	116	113,1	108,6

Результаты сравнения расчетного времени хода поезда при использовании фактической и паспортной тяговых характеристик локомотивов показывают, что при использовании паспортной характеристики локомотива расхождение фактического и расчетного времени хода составляет более 5,5%, а при использовании фактической тяговой характеристики не

превышает 2% для поезда № 2462 и составляет порядка 1% для поезда № 2720, что свидетельствует о существенном повышении точности тяговых расчетов при использовании фактической тяговой характеристики локомотива и подтверждает достоверность разработанной методики определения фактической тяговой характеристики локомотива и подтверждает целесообразность ее применения.

Библиографический список

1. **Курилкин, Д. Н.** Определение параметров тягово-энергетических характеристик автономных локомотивов по данным микропроцессорных систем управления и диагностики / Д. Н. Курилкин – Монография, СПб.: ПГУПС – 2022 – 160 с.
2. **Курилкин, Д. Н.** Определение фактических тяговых свойств автономных локомотивов по данным микропроцессорных систем управления и диагностики / Д. Н. Курилкин, В. Н. Иванов, А. Д. Садовский, Н. М. Смирнов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2022 - №4 – С.59-66.
3. **Перминов, В. А.** Влияние технического состояния вспомогательного оборудования тепловозов на их энергоэффективность в эксплуатации / В. А. Перминов, В. В. Грачев, Д. Н. Курилкин, И. Э. Нестеров // Вестник научно-исследовательского и конструкторско-технологического института подвижного состава. 2015, № 97. С. 45-58.
4. **Грачев, В. В.** Прескриптивный контроль энергоэффективности силовой установки тепловоза с использованием интеллектуальных методов обработки измерительной информации встроенных средств диагностики: монография / В.В. Грачев. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2019. – 106с.: ил.
5. **Баранов Л. А., Ерофеев Е. В., Мелешин И. С., Гинь Л. М.** Оптимизация управления движением поездов / Под ред. Л. А. Баранова. – М.: МИИТ, 2011. – 164 с.
6. **Юренко К. И., Савоськин А. Н., Фандеев Е. И.** Математическое моделирование энергооптимальных режимов ведения поезда с учетом возмущений // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2015. №3. С. 34-44.
7. **Мугинштейн Л. А., Илютович А. Е., Ябко И. А.** Энергооптимальные методы управления движением поездов. Москва, Интекст, 2012, 80с.
8. Свид. 2019663752 Российская Федерация. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Программа для выполнения тяговых расчетов в пошаговом и автоматическом режиме / Д. Н. Курилкин; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС) (RU). № 2019662727; Заявл. 14.10.2019.

D. N. Kurilkin, A. A. Romanova, N. V. Kirillov

THE EFFECT OF TAKING INTO ACCOUNT THE ACTUAL TRACTION PROPERTIES OF LOCOMOTIVES ON THE ACCURACY OF TRACTION CALCULATIONS

Abstract. The paper considers the results of determining the actual traction properties of 2TE116U locomotives and the results of performing traction calculations based on real traction characteristics. It is proved that taking into account the actual traction characteristics of locomotives significantly increases the accuracy of traction calculations.

Keywords: calculation of traction characteristics, traction calculations.

For citation: Kurilkin, D. N. The Effect of Taking into Account the Actual Traction Properties of Locomotives on the Accuracy of Traction Calculations / D. N. Kurilkin, A. A. Romanova, N. V. Kirillov // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – № 3. – P. 67–72.

Сведения об авторах**Курилкин Дмитрий Николаевич**

Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
кафедра «Локомотивы и локомотивное
хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой,
e-mail: kurilkin@pgups.ru

Романова Анна Анатольевна

Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: anyromanova@inbox.ru

Кириллов Никита Владимирович

Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
кафедра «Локомотивы и локомотивное
хозяйство»,
студент,
e-mail: kmuser240@gmail.com

Information about the authors**Kurilkin Dmitry Nikolaevich**

Emperor Alexander I St. Petersburg State
Transport University (PSTU)
Chair «Locomotives and Locomotive
Economy»,
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor, Head of the Chair,
e-mail: kurilkin@pgups.ru

Romanova Anna Anatolyevna

Emperor Alexander I St. Petersburg State
Transport University (PSTU)
Chair «Car and Car Economy»,
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
e-mail: anyromanova@inbox.ru

Kirillov Nikita Vladimirovich

Emperor Alexander I St. Petersburg State
Transport University (PSTU)
Chair «Locomotives and Locomotive
Economy»,
Student,
e-mail: kmuser240@gmail.com

УДК 621.331:621.311+06

В. Ю. Смачный

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОЙ СХЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ПИТАНИЯ ФАЗ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Аннотация. В статье проведен анализ требований предъявляемых к преобразователям вентильно-индукторных приводов, предложена новая топология преобразователя, содержащая один полупроводниковый ключ на фазу. Новая одноключевая топология преобразователя позволяет осуществить полное резервирование вентильно-индукторного привода, снижает стоимость преобразователя, позволяет упростить его силовую часть, следовательно, повышает его надежность. Также в статье приведены результаты физического моделирования одноключевой схемы преобразователя.

Ключевые слова: вентильно-индукторный привод, преобразователь, одноключевая схема, асимметричная полумостовая схема, математическое моделирование, экспериментальные исследования.

Для цитирования: Смачный, В. Ю. Структурный синтез и исследование силовой схемы преобразователя для питания фаз вентильно-индукторного электропривода / В. Ю. Смачный // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3. – С. 73–78.

В настоящее время в РФ реализуется комплекс мероприятий, направленных на повышение уровня энергоэффективности и энергосбережения. Так, в Энергетической стратегии РФ указано, что уровень энергоемкости производства российских промышленных товаров хуже среднемировых в 1,2-2 раза. Низкая энергоэффективность обуславливает повышенную себестоимость и низкую конкурентоспособность отечественной продукции. В РФ есть потенциал энергосбережения, достигающий 30% текущего энергопотребления.

Согласно Указу Президента РФ «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ и перечня критических технологий РФ» приоритетным направлениям развития является «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика (08)», критической технологией РФ – «Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии (26)».

Из приведенного следует, что для многих отраслей остро стоят вопросы энергосбережения и энергоэффективности, которые возможно решить переходом от нерегулируемого электропривода к регулируемому.

Также для многих сфер деятельности человека в общем, и для сферы транспорта в частности, помимо энергоэффективности электрических приводов, очень важным параметром является нежность их работы и живучесть.

Указанным качествам достаточно полно удовлетворяет вентильно-индукторный привод (ВИП), в англоязычной литературе именуемый Switched Reluctance Drive (SRD). ВИП является перспективным электромеханическим преобразователем энергии, который имеет высокие технико-экономические показатели, в том числе по энергоэффективности и надежности. Он содержит следующие конструктивные элементы: вентильно-индукторную машину, которая в свою очередь состоит из статора с обмотками сосредоточенного типа и ротора, не имеющего обмоток или постоянных магнитов; преобразователь осуществляющий питание обмоток статора в течении заданного интервала времени согласованного с положением ротора, за счет чего обеспечивается заданный режим работы ВИП. ВИП не имеют коллектора, контактных

колец, обмотки на роторе за счет чего надежен в работе, технологичен в изготовлении. ВИП обладает высоким КПД, по которому уступают только машинам с постоянными магнитами. Сдерживающим фактором практического применения ВИП была необходимость принятия ряда достаточно трудоемких и затратных мер по снижению шума и вибраций, снижению пульсаций электромагнитного момента и улучшения ряда других характеристик, в том числе повышения надежности силового преобразователя и снижения его себестоимости [1-2].

К преобразователям ВИП предъявляют следующие требования: преобразователь должен иметь возможность проводить переключение фаз, контролировать и регулировать ток фаз; преобразователь должен обеспечивать возможность подключения полного напряжения источника к обмотке фазы (положительный контур); преобразователь должен иметь возможность не подключать фазу к источнику (нулевой контур); после отключения фазы преобразователь должен иметь возможность принудительно снизить ток путем приложения напряжения с отрицательной полярностью к обмотке двигателя (отрицательный контур); преобразователь должен иметь возможность сохранять остаточный ток обмотки фазы в конденсаторе или источнике (контур сохранения энергии); преобразователь должен обеспечить независимую работу фаз, иметь возможность одновременно питать несколько фаз независимо друг от друга; желательно применять наиболее простую топологию преобразователя с минимальным количеством полупроводниковых ключей.

Наиболее употребительной в настоящее время является полумостовая силовая схема питания ВИМ, которая имеет два ключевых элемента на каждую фазу. Сокращение количества относительно дорогих силовых элементов позволит снизить себестоимость и упростить силовую часть преобразователя, а также создать предпосылки для повышения его надежности.

Предлагаемая одноключевая схема состоит из 2-х независимых гальванически развязанных источника питания, 2-х конденсаторов, диода, полупроводникового ключа и статорной обмотки фазы ВИП, разделенной на две полуобмотки. Если напряжения источников равны, то применяется схема приведенная на рис. 1а, если не равны – в схему дополнительно включаются «диодные пробки» (рис. 1б). На рисунке 1, в приведена схема замещения фазы одноключевой топологии преобразователя ВИП[3, 4].

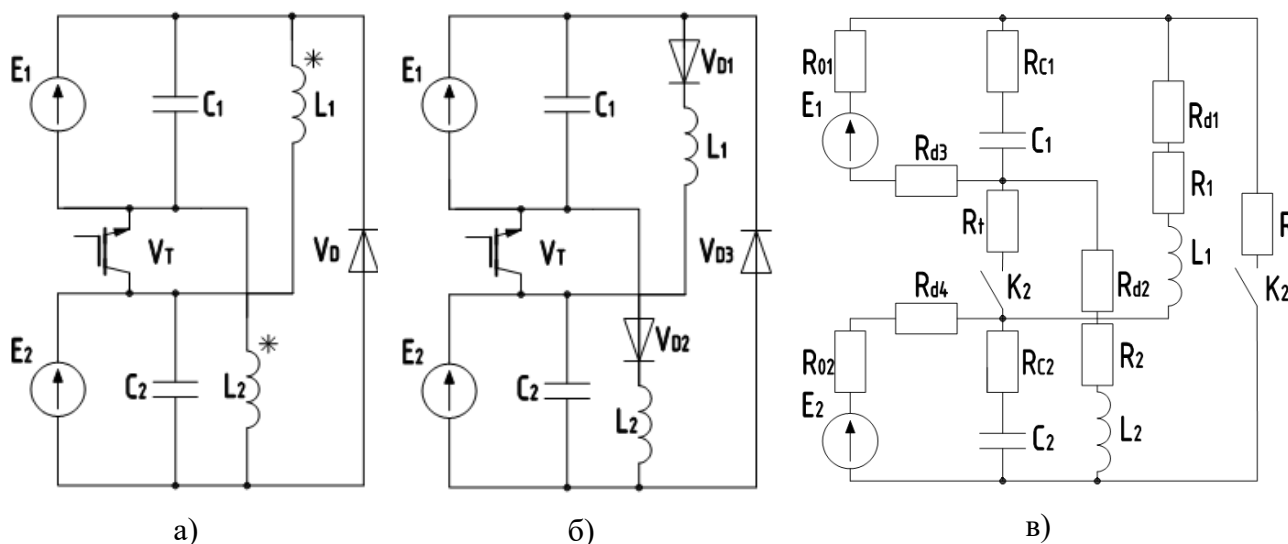


Рис. 1. Одноключевая схема преобразователя ВИП

Новая одноключевая топология, как и асимметричная полумостовая, соответствует всем требованиям, предъявляемым к преобразователям ВИП, но содержит меньше ключей, имеет меньшую стоимость, а также позволяет упростить силовую часть преобразователя, что повышает его надежность.

Новая одноключевая топология преобразователя позволяет осуществить полное резервирование ВИП не только по фазам, но и по источнику питания. Часто в транспортных средствах источником питания служат аккумуляторные батареи, что позволяет разделить источник на отдельные группы, которые питают разные фазы (рис. 2). Утрата работоспособности одной группы источников, например, при внутреннем замыкании, обесточит только одну фазу, а остальные продолжат работу[5, 6].

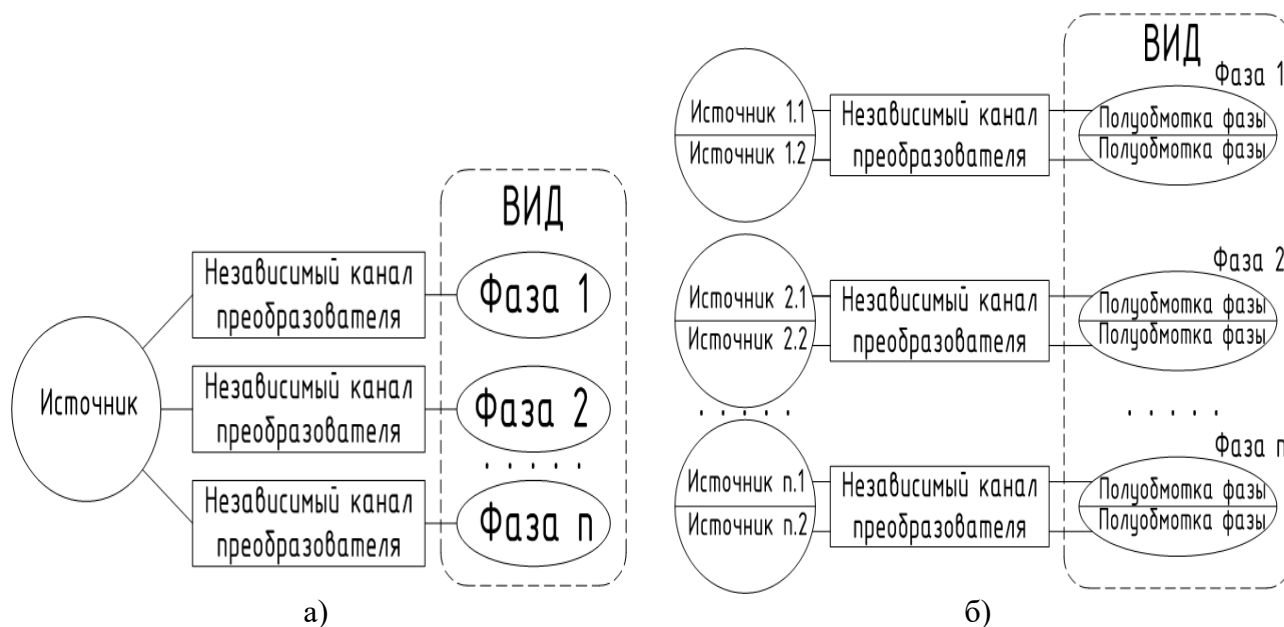


Рис. 2. Схема питания фаз ВИП:

а) без резервирования

б) с одноключевой схемой и резервированием

Проведено математическое моделирование работы предлагаемой одноключевой схемы в различных режимах:

– при открытии полупроводникового ключа

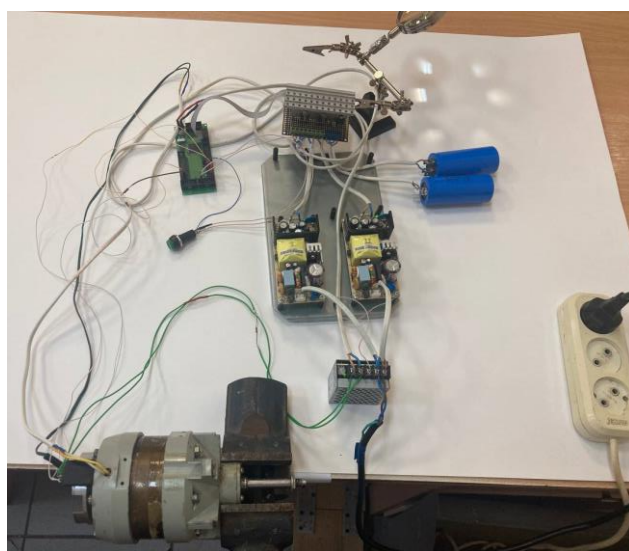
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dU_{c1}}{dt} = \frac{E_1 - U_{c1} - i_{a1}R_{01} - i_{a1}R_{d3}}{C_1(R_{01} + R_{d3} + R_{c1})} \\ \frac{di_{a1}}{dt} = \frac{1}{L_{g1}} \left(E_1 - i_{a1}(R_{01} + R_{d1} + R_1 + R_t + R_{d3}) - C_1 \frac{dU_{c1}}{dt} (R_{01} + R_{d3}) - \omega \frac{\partial \psi(i_{a1}, \theta)}{\partial \theta} - i_{a2}R_t \right) \\ \frac{dU_{c2}}{dt} = \frac{E_2 - U_{c2} - i_{a2}R_{02} - i_{a2}R_{d4}}{C_2(R_{02} + R_{d4} + R_{c2})} \\ \frac{di_{a2}}{dt} = \frac{1}{L_{g2}} \left(E_2 - i_{a2}(R_{02} + R_{d4} + R_t + R_{d2} + R_2) - C_2 \frac{dU_{c2}}{dt} (R_{02} + R_{d4}) - \omega \frac{\partial \psi(i_{a2}, \theta)}{\partial \theta} - i_{a1}R_t \right) \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M_d - M_n - B_t \omega) \\ M_d = \frac{\partial \int_0^i \psi(i_{a1}, \theta) di}{\partial \theta} + \frac{\partial \int_0^i \psi(i_{a2}, \theta) di}{\partial \theta} \end{array} \right.$$

– при закрытии полупроводникового ключа

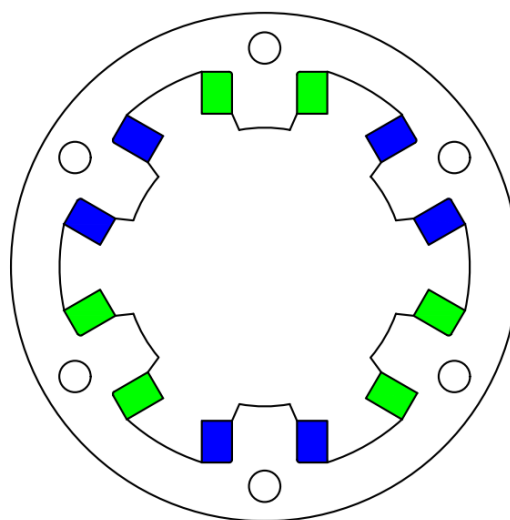
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dU_{c1}}{dt} = \frac{E_1 - U_{c1} + i_{a2}R_{01} + i_{a2}R_{d3}}{C_1(R_{01} + R_{d3} + R_{c1})} \\ \frac{dU_{c2}}{dt} = \frac{E_2 - U_{c2} + i_{a1}R_{02} + i_{a1}R_{d4}}{C_2(R_{02} + R_{d4} + R_{c2})} \\ \frac{di_{a2}}{dt} = -\frac{1}{L_{g2}} \left(U_{c1} + C_1 \frac{dU_{c1}}{dt} R_{c1} + i_{a2}(R_d + R_2 + R_{d2}) + \omega \frac{\partial \psi(i_{a2}, \theta)}{\partial \theta} + i_{a1}R_d \right) \\ \frac{di_{a1}}{dt} = -\frac{1}{L_{g1}} \left(U_{c2} + C_2 \frac{dU_{c2}}{dt} R_{c2} + \omega \frac{\partial \psi(i_{a1}, \theta)}{\partial \theta} + i_{a1}(R_1 + R_{d1} + R_d) + i_{a2}R_d \right) \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M_d - M_n - B_t \omega) \\ M_d = \frac{\partial \int_0^i \psi(i_{a1}, \theta) di}{\partial \theta} + \frac{\partial \int_0^i \psi(i_{a2}, \theta) di}{\partial \theta} \end{array} \right.$$

Для оценки адекватности полученных теоретических результатов о режимах работы схемы было провести экспериментальные исследования (рис. 3, а).

В качестве объекта исследований был выбран однофазный ВИП, электрическая машина которого имеет соотношение зубцов статора и ротора 6/6 [5]. Катушки обмотки фазы соединены следующим образом: две параллельные ветви L_1 и L_2 с тремя последовательно соединенными катушками, сдвинутыми относительно друг друга на 120° (рис. 3, б).



а)



б)

Рис. 3. ВИП с реализованной одноключевой схемой преобразователя

В ходе проведения экспериментальных исследований были получены следующие данные: напряжение в полуобмотке L_1 (рис. 4, а), максимальное значение 26,4В, минимальное значение -28,8 В; напряжение на полуобмотке L_2 (рис. 4, б), максимальное значение 26,4 В, минимальное значение -29,6; ток в полуобмотке L_1 (рис. 4, в) – измерялся с помощью шунта 0,5

Ом – максимальное значение 2 А; ток на полуобмотке L_2 (рис. 4, г) – измерялся с помощью шунта 0,5 Ом – максимальное значение 1,9 А.

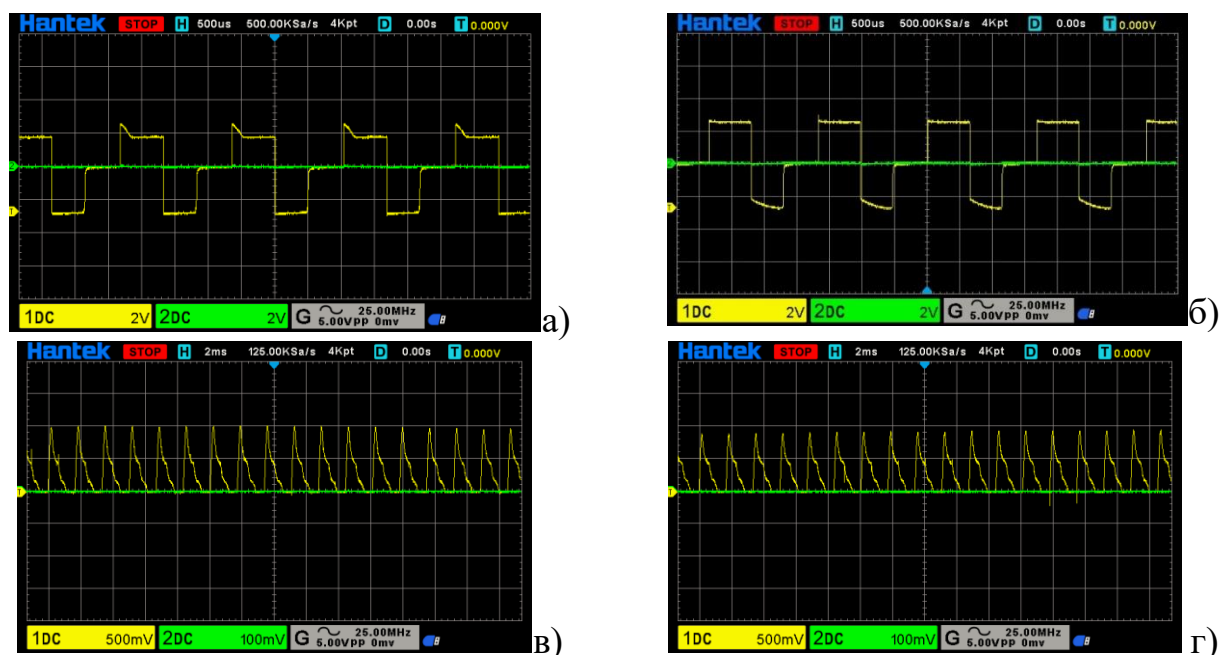


Рис. 4. Результаты экспериментальных исследований

Физическое моделирование новой одноключевой топологии преобразователя для питания фазы ВИП подтвердило ее работоспособность и сходимость расчетных и экспериментальных данных.

Библиографический список

1. Шевкунова, А. В. Усовершенствование алгоритма проектирования вентильно-индукторных машин / А. В. Шевкунова, А. В. Кашуба // Вестник Чувашского университета. – 2021. – № 3. – С. 140-155. DOI: 10.47026/1810-1909-2021-3-140-155
2. Кашуба, А. В. Оптимизационный метод формирования геометрических размеров зубцовой зоны вентильно-индукторного двигателя / А. В. Кашуба // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 1. – С. 30-47. DOI: 10.17816/transsyst20206130-47
3. Пат. 2459341 Российская федерация, МПК H02K 29/00 (2006.01), H02P 6/00 (2006.01), H02P 25/08 (2006.01), H02K 19/06 (2006.01). Электропривод одноключевой / А. Д. Петрушин, Р. М. Девликамов, В. Ю. Смачный. – № 2011119730/07; заявл. 16.05.2011; опубл. 20.08.2012 бюл. №23.
4. Пат. 2704494 Российская федерация, МПК H02K 29/00, H02P 25/086. Электропривод одноключевой многофазный / А. Д. Петрушин, В. Ю. Смачный. Дата регистр: 29.10.2019. Заявка №2019102994; заявл. 04.02.2019г.
5. Смачный, В. Ю. Анализ схем преобразователей, применяемых для питания фаз вентильно-индукторных приводов / В. Ю. Смачный // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». – 2022. – Т. 30. – № 2. – С. 100-121. DOI: 10.14498/tech.2022.2.8
6. Мирошниченко, Е. Е. Исследование асимметрии магнитной системы вентильно-индукторного двигателя / Е. Е. Мирошниченко, А. В. Шевкунова // Эксплуатация морского транспорта. – 2024. – № 2(111). – С. 126-137. – DOI 10.34046/aumsuomtl11/22.

V. Yu. Smachney

**STRUCTURAL SYNTHESIS AND STUDY OF THE POWER CIRCUIT
OF THE CONVERTER FOR POWERING THE PHASES
OF THE SWITCHED RELUCTANCE DRIVE**

Abstract. The article analyzes the requirements for converters of switched-reluctance drives, proposes a new converter topology containing one semiconductor switch per phase. The new single-switch topology of the converter allows for full redundancy of the switched-reluctance drives, reduces the cost of the converter, simplifies its power section, and therefore increases its reliability. The article also presents the results of a physical study of a single-switch converter circuit.

Keywords: switched-reluctance drive, converter, single-switch circuit, asymmetric half-bridge circuit, mathematical modeling, experimental studies.

For citation: Smachney, V. Yu. Structural Synthesis and Study of the Power Circuit of the Converter for Powering the Phases of the Switched Reluctance Drive / V. Yu. Smachney // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – № 3. – P. 73–78.

Сведения об авторах

Смачный Владислав Юрьевич
Ростовский государственный
университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
Старший преподаватель,
e-mail: smachney87@mail.ru

Information about the authors

Smachney Vladislav Yurievich
Rostov State Transport University (RSTU)
Chair «Car and Car Economy»,
Senior Lecturer,
e-mail: smachney87@mail.ru

УДК 629.4.023.5:621.3.013 + 06

Т. З. Талахадзе, И. А. Баланов, М. Г. Кришталев

СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЬНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ НА ЛОКОМОТИВАХ

Аннотация. В статье рассматривается метод повышения энергетической эффективности автономных локомотивов с электрической передачей мощности за счет применения модульной структуры тяговой системы. Предложены схемотехнические решения применения модульной силовой установки на локомотивах.

Ключевые слова: тепловозы, энергетическая эффективность, дизель-генераторная установка, модульная силовая установка, тяговый электропривод, тяговая система.

Для цитирования: Талахадзе, Т. З. Схемотехнические решения применения модульной силовой установки на локомотивах / Т. З. Талахадзе, И. А. Баланов, М. Г. Кришталев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3. – С. 79–83.

Введение

Проблема недоиспользования полной доступной мощности локомотива активно изучается ведущими учеными железнодорожной отрасли, так как она напрямую влияет на энергетическую эффективность перевозочного процесса.

Специфика железнодорожного сообщения в нашей стране заключается в неравномерности, в связи с чем, и наблюдается недоиспользование доступной мощности локомотива. Неравномерность нагрузок на тяговую систему локомотива может быть вызвано различными факторами, такими как масса состава, рельеф профиля пути и род службы локомотива [1].

Для грузовых локомотивов характерна неравномерность нагрузки в четном и нечетном направлении движения, вызванная спецификой перевозочного процесса – перевозка грузов от места добычи (производства) к месту выгрузки – портам и др., что характеризуется движением в четном направлении груженых поездов, а в нечетном – порожних. Такая организация процесса перевозки неизбежно приводит к снижению энергетической эффективности. В ряде исследований установлено, что при движении порожних (легковесных) поездов энергетическая эффективность крайне низкая, о чем свидетельствует показатель удельного расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), так для легковесных поездов он на 25...30 % выше, чем при движении груженых поездов. Стоит отметить, что данная тенденция характерна для различных серий как автономных, так и неавтономных локомотивов. О чем свидетельствуют исследования, проведенные В.А. Перминовым, Ю.В. Бабковым, Е.С. Васюковым, Е.Е. Беловой, Н.В. Гребенниковым [2], А.А. Зарифьяном, А.А. Баклановым. Среднее значение коэффициента использования доступной мощности (КИДМ) магистрального грузового тепловоза не превышает 0,4 для груженого поезда, в то время, как для порожнего поезда он составляет всего 0,1...0,2, что свидетельствует о крайне низком показателе энергетической эффективности.

Также неравномерность нагрузки тяговой системы локомотива может быть обусловлена рельефом профиля пути. В работах [1, 3] показано, что при движении груженых поездов по равнинному (легкому) профилю пути, также наблюдается недоиспользование доступной мощности локомотива (среднее значение КИДМ не превышает 0,15).

Как показывают исследования [1, 2, 4, 5], совмещение зависимостей коэффициента полезного действия (КПД) и КИДМ локомотива показывает, что недоиспользование доступной

мощности локомотива приводит к расходу ТЭР в зонах с низким КПД, что существенно снижает энергетическую эффективность.

Повышение энергетической эффективности локомотива возможно за счет согласования мощности на тягу, необходимой для совершения полезной работы с мощностью, которую потребляемой мощностью [1, 2, 4]. Причем данный метод подходит как для автономного, так и неавтономного подвижного состава. Этого можно добиться за счет применения модульной конструкции силовой энергетической установки.

Разработка функциональной схемы локомотива с модульной силовой установкой

Основываясь на результатах исследований [1-4, 6], а также опираясь на уже имеющийся опыт создания многодизельных силовых установок на железнодорожном тяговом подвижном составе, разработаем функциональную схему тяговой системы грузового магистрального локомотива, построенной по модульному принципу. Тяговая система такого локомотива должна иметь два модуля – модуль «силовая энергетическая установка» «СЭУ» и модуль «тяговый электрический привод» «ТЭП». Отметим, что модуль «СЭУ» должен представлять не моноблочную конструкцию, состоящую из одного дизель-генератора, как наэксплуатируемых тепловозах, а должен состоять из нескольких дизель-генераторных установок (генерирующих модулей) модульного типа.

Функциональная схема тяговой системы грузового магистрального локомотива с СЭУ модульного типа, состоящей из нескольких генерирующих модулей представлена на рисунке 1.

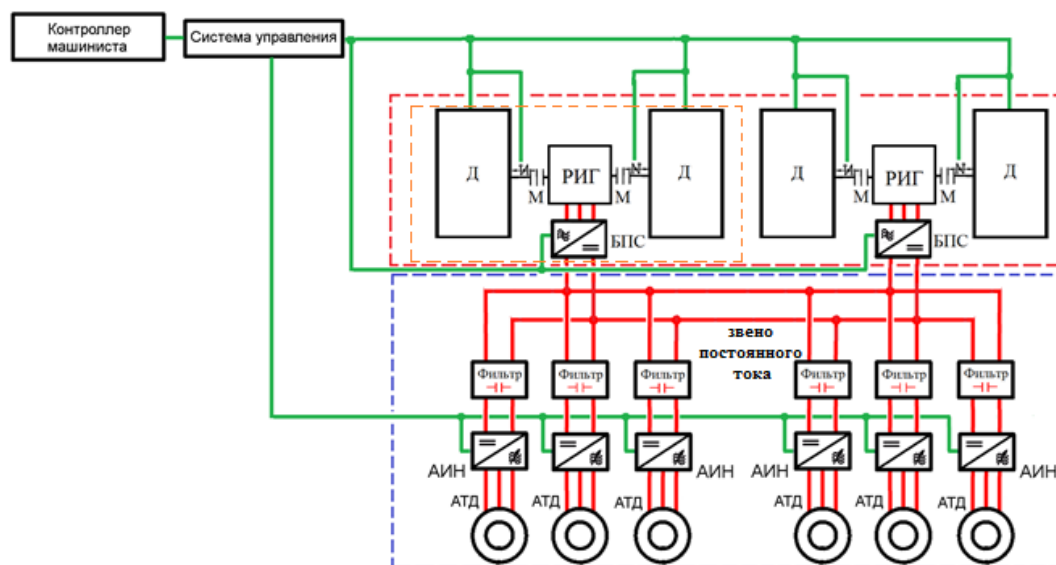


Рис. 1. Функциональная схема тяговой системы грузового магистрального локомотива с СЭУ модульного типа, состоящей из нескольких генерирующих модулей:

Д – дизельные двигатели; М – управляемая электромагнитная муфта;
РИГ – реактивный индукторный генератор; БПС – блок питания силовой; АИН – автономный инвертор напряжения; АТД – асинхронный тяговый двигатель

На рисунке 1 модуль «ТЭП» выделен синей пунктирной линией, модуль СЭУ выделен красной пунктирной линией, генерирующий модуль в составе модуля «СЭУ» выделен оранжевой пунктирной линией, а цепи системы управления обозначены зелеными линиями.

Каждый из двух генерирующих модулей в составе модуля «СЭУ» состоит из двух дизельных двигателей, соединенных с валом реактивного индукторного генератора через управляемые электромагнитные муфты, как показано на рисунке 1.

Выделим ряд обязательных требований для применения модульной тяговой системы локомотива:

1. Мощность дизельных двигателей в составе одного генерирующего модуля, а также количество генерирующих модулей, входящих в состав модуля «СЭУ» должна быть подобрана таким образом, чтобы суммарно она была не меньше мощности моноблочной СЭУ тепловозов, находящихся в эксплуатации.

2. Наличие звена постоянного тока, к которому с одной стороны подводится генерируемая энергия модулем «СЭУ», а с другой забирается энергия для питания модуля «ТЭП». Такая конструкция позволяет в полной мере реализовать модульный принцип построения тяговой системы, дает возможность применения различных типов первичных источников энергии в составе модуля «СЭУ», а также снижает потери, вызванные токовой нагрузкой.

3. Применение в составе модуля «ТЭП» бесколлекторных тяговых электрических двигателей и тяговых преобразователей (автономных инверторов напряжения), обеспечивающих возможность индивидуального регулирования мощности каждого ТЭД, вплоть до полного отключения.

Схемотехнические решения применения модульной силовой установки на локомотивах

В качестве прототипа локомотива для установки модульной «СЭУ» взят существующий грузовой магистральный тепловоз 2ТЭ25КМ, мощность ДГУ которого на секцию составляет 2650 кВт. Модульная «СЭУ» размещается вместо штатной моноблочной ДГУ, а один генерирующий модуль (рисунок 2) может включать два двенадцатицилиндровых V-образных дизельных двигателя производства М790 ПАО «ЗВЕЗДА» номинальной мощностью 800 кВт каждый, соединенных с валом реактивного индукторного генератора номинальной мощностью 1600 кВт (общий для двух дизельных двигателей) через управляемые электромагнитные муфты. Реактивно индукторный генератор оснащается силовым блоком питания (БПС), имеющим на выходе постоянное стабилизированное напряжение, поступающее на шину постоянного тока (напряжения). Мощность модуля «СЭУ», состоящего из двух генерирующих модулей одной секции тепловоза составит 3200 кВт, что больше мощности штатной ДГУ тепловоза 2ТЭ25КМ.

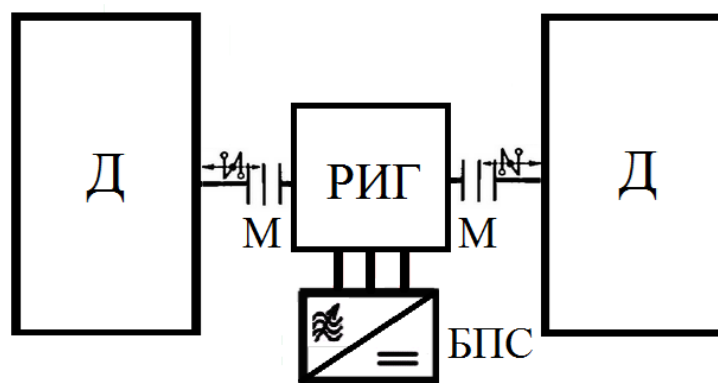


Рис. 2. Конструкция генерирующего модуля в составе «СЭУ» перспективного локомотива:

Д – двенадцатицилиндровые дизельные двигатели; М – управляемая электромагнитная муфта; РИГ – реактивный индукторный генератор; БПС – блок питания силовой.

По предварительной оценке, масса одного генерирующего модуля в составе двух дизельных двигателей массой 2000 кг каждый и генератора вместе с БПС массой 4500 кг составит около 9000 кг, тогда масса модуля «СЭУ», состоящего из двух генерирующих модулей составит порядка 18000 кг.

Размещение модуля «СЭУ», предложенной конструкции в кузове тепловоза представлено на рисунке 3.

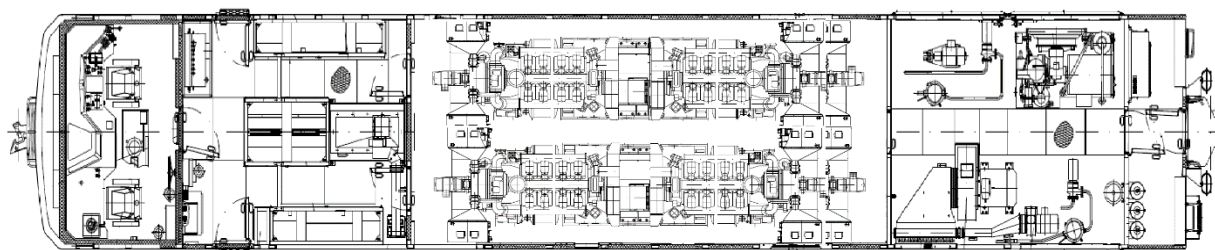


Рис. 3. Размещение модуля «СЭУ», предложенной конструкции в кузове тепловоза 2ТЭ25КМ

Заключение

Предложенная конструкция модуля «СЭУ» позволяет в процессе эксплуатации оперативно регулировать значение мощности, генерируемой модулем «СЭУ» за счет отключения/подключения отдельных дизельных двигателей, оставляя режим работы каждого дизеля в зоне номинального значения КПД, что приводит к увеличению энергетической эффективности и позволяет существенно снизить расход ТЭР на тягу поезда.

Библиографический список

1. Талахадзе, Т. З. Повышение энергетической эффективности магистральных тепловозов за счет перехода к модульным силовым установкам : специальность 05.22.07 "Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Талахадзе Темур Зурабович, 2019. – 164 с. – EDN ZBGQPX.
2. Гребенников, Н. В. Оценка энергетической эффективности локомотивов в эксплуатации / Н. В. Гребенников // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 1-2(84). – С. 118-125.
3. Зарифьян, А. А. О возможности повышения энергетической эффективности локомотивов при работе с частичной нагрузкой / А. А. Зарифьян, Н. В. Гребенников, Т. З. Талахадзе // 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. 74-76. – EDN YKHTBN.
4. Зарифьян, А. А. Анализ эксплуатационных показателей энергетической эффективности грузовых тепловозов / А. А. Зарифьян, Т. З. Талахадзе // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 3(71). – С. 46-53. – EDN OZSNVI.
5. Зарифьян, А. А. Показатели энергетической эффективности грузовых магистральных электровозов в различных условиях эксплуатации / А. А. Зарифьян // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2019. – № 2(46). – С. 28-35. – EDN NIPMTN.
6. Зарифьян, А. А. Концептуальные направления развития структуры тягово-энергетических систем локомотивов / А. А. Зарифьян, Н. В. Гребенников // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2024. – Т. 67, № 3. – С. 92-98.

T. Z. Talakhadze, I. A. Balanov, M. G. Krishtalev

CIRCUIT DESIGN SOLUTIONS FOR USING A MODULAR POWER PLANT ON LOCOMOTIVES

Abstract. The article discusses the method for increasing the energy efficiency of autonomous locomotives with electric power transmission through the use of a modular structure of the traction system. Circuit design solutions for using a modular power plant on locomotives are proposed.

Keywords: diesel locomotives, energy efficiency, diesel-generator unit, modular power plant, electric traction drive, traction system.

For citation: Talakhadze, T. Z. Circuit Design Solutions for Using a Modular Power Plant on Locomotives / T. Z. Talakhadze, I. A. Balanov, M. G. Krishtalev // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – № 3. – P. 79–83.

Сведения об авторах

Талахадзе Темур Зурабович

Ростовский государственный
университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: 086temur086@gmail.com

Баланов Игорь Андреевич

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

Кришталеv Максим Геннадьевич

Ростовский государственный
университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
студент

Information about the authors

Talakhadze Temur Zurabovich

Rostov State Transport University (RSTU)
Chair «Traction Rolling Stock»,
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
e-mail: 086temur086@gmail.com

Balanov Igor Andreevich

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

Krishtalev Maxim Gennad'evich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Student

Научное издание

**ТРУДЫ
Ростовского государственного университета
путей сообщения**

Научно-технический журнал

№ 3 (68)
2024

**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 ScienceIndex**

Оригинал-макет журнала подготовлен Т. З. Талахадзе

Подписано в печать 30.09.2024.	Формат 60×84/8.	Бумага офсетная.
Дата выхода в свет 30.09.2024.	Усл. печ. л. 9,77.	Изд. № 51.
Печать офсетная.	Тираж 510 экз.	Заказ
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**