

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

№ 2 (75)
2026

Ростов-на-Дону

ТРУДЫ
Ростовского государственного университета
путей сообщения

2026
№ 2 (75)

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, ВГЛУ, г. Воронеж

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ангелина Олеговна Куделина (ответственный секретарь)

Trudy
Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobseniya
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

Борисова А.В., Яицкова Н.М. Токсикологические аспекты профессионального риска работников железнодорожного транспорта.....	6
Бочарникова Е.Е., Финоченко В.А. Технологии охраны окружающей среды машиностроительных предприятий.....	12
Воробинская Л.И., Яицкова Н.М. Современные подходы к обеспечению безопасности труда в металлургии: риски, технологии и управленческие практики .	20
Воронов А.С., Крутова В.А. Методика экспериментального определения виброакустических характеристик трактора	27
Ворошилов Я.С., Сальников В.П., Тодорова Е.С., Фомин А.И. Новый подход к управлению человеческим фактором	32
Долгополова Т.К., Белавкина М.В. Вестибулярная устойчивость как фактор качества жизни и профессионального долголетия женщин второго зрелого возраста	42
Каменская Е.Н. Игровые технологии в образовательном процессе по охране труда	50
Козлюк В.В. Комплексный подход в соединении механических и электрических методов очистки выбросов для повышения эффективности электрофильтров теплоэлектростанций.....	56
Корнеев К.В., Кириллова Т.Г., Иванцова В.С. Обеспечение безопасности человека в процессе занятий экстремальными видами спортивной и рекреационной деятельности	61
Куцупалова Е.В., Алешков Д.С., Суковин М.В., Чешагоров Ю.Б. Построение блочной матрицы оценки профессионального риска с учетом событий нижних иерархических уровней	67
Лысенко А.В., Дощук Н.С. Скалолазание как вид спорта и активного отдыха: возможности формирования и развития профессиональной надежности субъекта труда	72
Порческо А.А. Условия труда операторов снегоочистительных машин	78
Рудиков Д.А. Интеграция контроля здоровья персонала в систему стратегического управления рисками.....	84
Чубарь, Е.П. Выявление звуков неслышимого диапазона частот при работе электронного отпугивателя птиц и оценка его влияния на безопасность труда работника	91

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ,
ТЯГА ПОЕЗДОВ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ

Больших И.В., Гайворонская К.А. Модернизация современного Российского электропоезда ЭПЗД в части улучшения характеристик опорных изоляторов сухих сглаживающих реакторов	96
Гребенников Н.В., Любарцев Д.А. Тягово-энергетическое обоснование применения гибридных маневровых локомотивов для формирования пассажирских поездов в условиях Северо-Кавказской железной дороги	102
Ольховатов Д.В., Лапищев Р.В. Автоматизация процесса диагностики токоприемников электропоездов	108
Чавычалов М.В., Лубенец И.И. Нейросетевой контроль бдительности машиниста по видео- и речевым данным: обзор методов и концепция мультимодальной системы	115

CONTENTS

LABOUR SAFETY

Borisova A.V., Yaitskova N.M. Toxicological Aspects of Occupational Risk of Railway Workers	6
Bocharnikova E.E., Finochenko V.A. Environmental Protection Technologies for Machine-Building Enterprises	12
Vorobinskaya L.I., Yaitskova N.M. Modern Approaches to Occupational Safety in Metallurgy: Risks, Technologies and Management Practices	20
Voronov A.S., Krutova V.A. Methodology for Experimental Determination of Tractor Vibroacoustic Characteristics.....	27
Voroshilov Ya.S., Salnikov V.P., Todorova E.S., Fomin A.I. A New Approach to Human Factors Management	32
Dolgopolova T.K., Belavkina M.V. Vestibular Stability as a Factor in Quality of Life and Professional Longevity of Women of the Second Mature Age	42
Kamenskaya E.N. Gaming Technologies in Occupational Safety Education	50
Kozlyuk V.V. An Integrated Approach to Combining Mechanical and Electrical Methods of Emission Purification to Improve the Efficiency of Thermal Power Plant Electrostatic Precipitators	56
Korneev K.V., Kirillova T.G., Ivantsova V.S. Ensuring Human Safety During Extreme Sports and Recreational Activities	61
Kutsepalova E.V., Aleshkov D.S., Sukovin M.V., Cheshagorov Yu.B. Construction of a Block Matrix for Assessing Professional Risk Taking into Account Events at Lower Hierarchical Levels	67
Lysenko A.V., Doshchuk N.S. Rock Climbing as a Sport and Active Recreation: Possibilities for Forming and Developing Professional Reliability of the Subject of Labor	72
Porchesko A.A. Working Conditions of Snowplow Operators	78
Rudikov D.A. Integration of Personnel Health Monitoring into a Strategic Risk Management System	84
Chubar E.P. Detection of Inaudible Frequency Range Sounds When Using an Electronic Bird Repeller and Assessment of its Impact on Worker Safety	91

RAILWAY ROLLING STOCK, TRAIN TRACTION AND ELECTRIFICATION

Bol'shikh I.V., Gayvoronskaya K.A. Modernization of the Modern Russian Electric Train EP3D to Improve the Characteristics of the Support Isolators of the Dry Smoothing Reactors	96
Grebennikov N.V., Lyubartsev D.A. Traction and Energy Justification for the Use of Hybrid Shunting Locomotives for Passenger Train Formation on the North Caucasus Railway	102
Olkhovatov D.V., Lapshichev R.V. Automation of the Diagnostics Process of Electric Locomotive Current Receivers	108
Tchavychalov M.V., Lubenets I.I. Neural-Network Monitoring of Train Driver Vigilance from Video and Speech: a Review of Methods and a Concept of a Multimodal System	115

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

УДК 656.2 : 504.75 + 06

DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_6

*А.В. Борисова, Н.М. Яицкова***ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ОЦЕНКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Аннотация. В работе приводится анализ источников профессиональных рисков, связанных с профзаболеваниями работников железнодорожного транспорта. На примере некоторых профессий железнодорожного транспорта, работники которых подвержены воздействию химического фактора, выполнен обзор химических веществ, с учетом их токсикологических характеристик и показателей вредности. Приведены рекомендации учета показателей токсичности вредных веществ в оценке профессиональных рисков на рабочем месте.

Ключевые слова: профессиональный риск, профессиональное заболевание, рабочее место, вредное вещество, химический фактор, показатели токсичности, условия труда.

Для цитирования: Борисова, А. В. Токсикологические аспекты профессионального риска работников железнодорожного транспорта / А. В. Борисова, Н. М. Яицкова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 1. – С. 6–11. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_6.

Безопасность труда, сохранение здоровья работников и улучшение качества производственной среды являются приоритетными направлениями национальной государственной политики современной России. Человеческий капитал в лице трудоспособного населения, стремящегося повышать свой уровень знаний, рассматривается как наиглавнейший ресурс в развитии инновационной экономики [1]. Однако, несмотря на стремительное развитие техники и технологий, позволяющих выделить работника из опасной среды, доля рабочих мест с вредными условиями труда, обусловленными воздействием химического фактора, в производственном секторе экономики остается достаточно высокой.

Железнодорожная отрасль является одним из ключевых сегментов экономики государства. Обширная инфраструктура российских железных дорог позволяет обеспечивать не только непрерывность и безопасность пассажирских и грузовых перевозок, но и реализовывать сложные инженерные решения, связанные с машиностроением и ремонтом. По данным, представленным в работах [1-3] для некоторых профессий железнодорожного транспорта характерно присутствие неблагоприятных для здоровья физических факторов, а также вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны. Мониторинг и оценка качества производственной среды производится путем проведения процедур производственного контроля за выполнением санитарно-противоэпидемических мероприятий и специальной оценки условий труда (СОУТ). Полученные при этом результаты, в том числе подтверждающие наличие вредности, являются базой для дальнейшей работы с источниками и причинами неблагоприятных условий производственной среды с использованием методов оценки профессиональных рисков [4].

В соответствии со статьей 218 ТК РФ профессиональные риски в зависимости от источника их возникновения подразделяются на риски травмирования работника и риски

получения им профессионального заболевания. Так, воздействие химического фактора, аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) напрямую связано с вероятностью острого или хронического отравления, потенциально высоким риском возникновения профессионального заболевания химической и пылевой этиологий. Международная организация труда (МОТ) трактует профессиональное заболевание как заболевание, возникшее в результате воздействия факторов риска, обусловленных трудовой деятельностью. Профессиональный риск по определению всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) есть математическая концепция, отражающая ожидаемую частоту и (или) тяжесть неблагоприятных реакций на данную экспозицию [5].

Методология оценки профессиональных рисков работников железнодорожного транспорта включает использование комплексного подхода к идентификации, анализу и оцениванию опасных событий, связанных с вероятностью травмирования или развития профессионального заболевания [6,7]. Однако оценка риска, связанного с развитием профзаболевания в результате воздействия химического фактора или АПФД базируется главным образом только на результатах гигиенической оценки условий труда в рамках выполненной СОУТ, в рамках которой производится сравнение фактической концентрации вредного вещества с его предельно допустимой концентрацией, установленной для воздуха рабочей зоны (ПДК_{рз}). На основании такой оценки определяются классы вредности условий труда 3.1, 3.2, 3.4, 4. В этих оценочных процедурах остаются неучтенными токсикологические аспекты влияния вредных веществ на здоровье работников.

В оценке профессиональных рисков, связанных с возникновением профессионального заболевания (отравления) токсикологические аспекты необходимо учитывать на этапе анализа исходных данных: результатов оценки химического фактора, полученных в рамках производственного контроля и СОУТ.

В таблице приведены примеры профессий железнодорожной отрасли, работники которых подвержены воздействию вредных веществ и в оценке условий труда которых, химический фактор является преобладающим.

Таблица

Перечень профессий железнодорожной отрасли, работники которых подвержены воздействию вредных веществ

Наименование профессии	Производственные процессы	Наименование вредного вещества
Аппаратчик химводоочистки	Работа с аммиачной смесью	Аммиак
Кузнец на молотах и прессах	Ковка заготовок, работа у горна	Углеродные пыли с содержанием SiO ₂ до 5%, дижелезо триоксид, углерода оксид, азота оксид
Газорезчик	Газовая резка или сварка металла с применением пропана	Дижелезо триоксид, марганец в сварочных аэрозолях, углерод оксид, азота оксиды
Электрогазосварщик	Сварка металла электродами	Дижелезо триоксид, марганец в сварочных аэрозолях, углерод оксид, азота оксиды
Маляр	Окраска поверхностей	Ацетон, этилацетат, бутанол, бензол, бутилацетат, толуол, ксилол

Для определения риска, связанного с возникновением профессионального заболевания химической или пылевой этиологии. Рассмотрим токсикологические характеристики веществ, представленных в таблице 1.

Аммиак (NH_3) на предприятиях железнодорожного транспорта используется в системах химводоочистки в качестве реагента. Фактическая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны составляет не более 18 мг/м^3 , находится в пределах $\text{ПДК}_{\text{ср}} = 20 \text{ мг/м}^3$. Аммиак обладает как местным, так и резорбтивным действием на организм. Наиболее подвержены воздействию слизистые оболочки глаз, носа и гортани. Однако, регулярно поступая в организм человека, малые концентрации вещества способны вступать в химическую реакцию с солями фосфора и магния, образуя при этом канцерогенные соединения.

Углеродные пыли с содержанием диоксида кремния (SiO_2) до 5% поступают в воздух рабочей зоны кузнеца на молотах и прессах при дроблении и загрузке угля в кузнечный горн. Относительно низкое содержание SiO_2 в пыли снижает риск возникновения силикоза, тем не менее угольная пыль представляет опасность для здоровья работника в связи с возможными изменениями в лёгких, характерными для пневмокониоза. Угольная пыль с содержанием диоксида кремния (SiO_2) до 5% обладает раздражающим действием на слизистые оболочки глаз, вызывая конъюнктивиты. Допустимая концентрация угольной пыли зависит от природы исходного материала, для антрацита составляет 6 мг/м^3 , для других видов угля – 10 мг/м^3 .

Дижелезо триоксид (Fe_2O_3) поступает в воздух рабочей зоны при механической обработке металлических заготовок, в процессах газовой резки и сварки металла. ПДК дижелезо триоксида в воздухе рабочей зоны составляет 6 мг/м^3 . Данное соединение является малотоксичным, фактическая концентрация на рабочем месте не превышает $5,4 \text{ мг/м}^3$. Однако Fe_2O_3 в составе аэрозоля при длительном воздействии на работника представляет для его здоровья потенциальную опасность. Поступая в организм ингаляционным путем, Fe_2O_3 вызывает раздражение дыхательных путей, кашель. Дижелезо триоксид обладает также гепатотоксическим и гематотоксическим действием.

Марганец в сварочных аэрозолях поступает в воздух рабочей зоны в виде оксидов (MnO , Mn_2O_3 , MnO_2). Токсичность этих соединений зависит от валентности марганца и возрастает с увеличением его окисленности. Наибольшие концентрации оксида марганца установлены на рабочих местах газорезчика и электрогазосварщика. В частности, при выполнении сварочных работ фактическое содержание MnO в воздухе рабочей зоны зависит от вида сварки, используемых электродов и других материалов. Фактическая концентрация оксида марганца при выполнении сварочных работ может достигать порядка $0,37 \text{ мг/м}^3$. Соединения марганца относятся к высокоопасным веществам. Среднесуточная ПДК для марганца оксидов (в пересчете на марганец диоксид) составляет $0,3 \text{ мг/м}^3$. Превышение ПДК указывает на высокий риск развития хронических интоксикаций и профессиональных заболеваний. Марганец и его соединения, в том числе оксиды, являются политоксическим ядом, негативно воздействующим на нервную систему, дыхательные пути, кровь, печень и почки. Оксиды марганца обладают кумулятивными свойствами, при длительном и повторном воздействии способны накапливаться в организме [8].

Оксид углерода (CO) и азота оксиды (NO , NO_2) – газы, являющиеся продуктами сгорания материала. Фактическая концентрация CO на рабочих местах при выполнении сварочных работ, газовой резки и сгорании угля не превышает установленную ПДК для воздуха рабочей зоны 20 мг/м^3 . Однако оксид углерода при ингаляционном поступлении с загрязненным воздухом легко преодолевает альвеолярно-капиллярную мембрану, проникает в кровь и вызывает токсические эффекты даже при небольших, но систематически поступающих концентрациях. Итогом токсических процессов воздействия CO , связанных с образованием в организме карбоксигемоглобина, является снижение концентрации доступного кислорода в крови, что в свою очередь приводит к депрессии аэробного метаболизма во всех органах и тканях организма, с преимущественным повреждением головного мозга и миокарда, наиболее чувствительных к гипоксии [9]. Оксиды азота обладают общетоксическим действием, неблагоприятно влияют на дыхательные пути. В частности, по результатам исследований воздуха рабочей зоны при выполнении газовой резки и сварочных работ отмечаются высокие концентрации оксида азота на уровне $5,9 \text{ мг/м}^3$, при уровне $\text{ПДК}=5$

мг/м³. Как и оксид углерода, оксид азота является гематотоксическим ядом, снижающим способность крови переносить кислород, приводя к гипоксии.

Органические растворители ацетон, этилацетат, бутанол, бензол, бутилацетат, толуол, ксилол поступают в воздух рабочей зоны при выполнении окрасочных работ в виде паров, обладают раздражающим и наркотическим действием. Данные вещества обладают кумулятивными свойствами, способны накапливаться в организме и могут привести к заболеваниям в отдаленные периоды жизни человека. Длительное воздействие токсикантов опасно поражением печени, почек, кроветворной системы. Наиболее токсичным и опасным веществом из представленных в группе органических растворителей является бензол (C₆H₆). Бензол - вещество высокоопасное, легко проникает в организм человека, хорошо абсорбируется при ингаляционном поступлении, обладает. Метаболизм бензола в основном происходит в печени и легких. Ксенобиотик и его метаболиты оказывают прямое и опосредованное цитотоксическое действие, индуцируют повреждение ДНК. Анализ научных экспериментальных и эпидемиологических данных, представленный в работе [10, 11], указывает на высокую биологическую активность бензола даже при низких концентрациях, что обуславливает индуцируемые им биологические эффекты.

Фактические концентрации химических веществ, представленные в данном исследовании, были получены в результате проведенного производственного контроля за соблюдением санитарно-эпидемиологических правил и специальной оценки условий труда научно-производственным центром «Охрана труда» на рабочих местах предприятий Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» в период с 2022 по 2025 год.

Таким образом можно сделать вывод о том, что вредные вещества, исследуемые на рабочих местах для оценки химического фактора, обладают выраженным токсическим действием на организм даже при отсутствии превышений предельно допустимых концентраций. Принимая во внимание высокую вероятность повреждения здоровья, учет токсикологических характеристик вредных веществ может быть выполнен путем увеличения степени вредности установленного гигиенического класса условий труда по химическому фактору на одну и более единиц. Данный шаг в дальнейшем позволит объективно оценить уровень риска для здоровья и разработать эффективные меры профилактики профессиональных заболеваний.

Список литературы

1. **Логинова, В. А.** Гигиеническая оценка условий труда и профессионального риска здоровью работников на объектах железнодорожного транспорта / В. А. Логинова // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 2. – С. 96-101. – DOI 10.21668/health.risk/2017.2.10.
2. **Иващенко, Г. И.** Оценка и анализ профессиональных рисков работников железнодорожного транспорта / Г. И. Иващенко // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 92-9. – С. 59-62. – DOI 10.18411/trnio-12-2022-421.
3. **Пичкалева, С. Ю.** Профессиональная заболеваемость среди работников подвижного состава железнодорожного транспорта в РФ / С. Ю. Пичкалева // Научное образование. – 2021. – № 3(12). – С. 155-157.

References

1. **Loginova, V. A.** Hygienic assessment of working conditions and professional health risks of workers at railway transport facilities / V. A. Loginova // Health risk analysis. - 2017. - No. 2. - P. 96-101. - DOI 10.21668/health.risk/2017.2.10.
2. **Ivaschenko, G. I.** Assessment and analysis of professional risks of railway workers / G. I. Ivaschenko // Trends in the development of science and education. - 2022. - No. 92-9. - P. 59-62. - DOI 10.18411/trnio-12-2022-421.
3. **Pichkaleva, S. Yu.** Occupational morbidity among rolling stock workers of railway transport in the Russian Federation / S. Yu. Pichkaleva // Scientific education. - 2021. - No. 3 (12). - P. 155-157.

4. **Чубарь, Е. П.** Риск-ориентированный подход к оценке условий труда на железнодорожных предприятиях / Е. П. Чубарь, И. Г. Переверзев // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, 20–22 апреля 2020 года. Том 2. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 44-47.

5. **Леваков, Н. Д.** Методические основы и критерии оценки профессиональных рисков / Н. Д. Леваков, В. А. Никифорова // Молодая мысль: наука, технологии, инновации : Материалы XVI (XXII) Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 03–07 апреля 2024 года. – Братск: Братский гос.университет, 2024. – С. 65-69.

6. **Комзолов, А.А.** Анализ методических подходов к количественной оценке профессиональных рисков / А. А. Комзолов, Т. В. Кириченко, В. Д. Бархатов, М. В. Манежева // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2022. – № 2. – С. 110-141. – DOI 10.38050/01300105202226

7. **Шестова, Г. В.** Токсические эффекты марганца как фактор риска для здоровья населения/ Г. В. Шестова, Т. М. Иванова, Г. А. Ливанов, К. В. Сизова // Медицина экстремальных ситуаций. – 2014. – С.59-65.

8. **Гребенюк, А. Н.** Оксид углерода: механизм токсического действия, патогенез и клинические проявления острой интоксикации/ А.Н. Гребенюк, В.Н. Быков//Токсикологический вестник. Том 29 - №3 – 2021. – С.4-9.

9. **Шабардина, Л. В.** Токсическое действие бензола / Л. В. Шабардина // Медицина труда и экология человека. 2025:230 – 264. doi: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10412>

10. **Борисова, А. В.** Оценка экологического риска воздействия промышленных токсикантов на окружающую среду / А. В. Борисова // Транспорт: наука, образование, производство : Сборник научных трудов Международной научно-практической

4. **Chubar, E. P.** Risk-oriented approach to assessing working conditions at railway enterprises / E. P. Chubar, I. G. Pereverzev // Transport: science, education, production: collection of scientific papers, April 20–22, 2020. Volume 2. – Rostov-on-Don: Rostov State Transport University, 2020. – P. 44-47

5. **Levakov, N. D.** Methodological foundations and criteria for assessing professional risks / N. D. Levakov, V. A. Nikiforova // Young thought: science, technology, innovation: Proceedings of the XVI (XXII) All-Russian scientific and technical conference of students, master's students, postgraduates and young scientists, April 3-7, 2024. - Bratsk: Bratsk State University, 2024. - Pp. 65-69.

6. **Komzolov, A. A.** Analysis of methodological approaches to the quantitative assessment of professional risks / A. A. Komzolov, T. V. Kirichenko, V. D. Barkhatov, M. V. Manezheva // Bulletin of Moscow University. Series 6: Economy. - 2022. - No. 2. - Pp. 110-141. – DOI 10.38050/01300105202226

7. **Shestova, G.V.** Toxic effects of manganese as a risk factor for public health / G. V. Shestova, T. M. Ivanova, G. A. Livanov, K. V. Sizova // Medicine of extreme situations. - 2014. - Pp. 59-65.

8. **Grebenyuk, A. N.** Carbon monoxide: mechanism of toxic action, pathogenesis and clinical manifestations of acute intoxication / A.N. Grebenyuk, V.N. Bykov // Toxicological Bulletin. Vol. 29 - No. 3 - 2021. - Pp. 4-9.

9. **Shabardina, L. V.** Toxic effect of benzene / L. V. Shabardina // Occupational Medicine and Human Ecology. 2025:230 – 264. doi: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025>

10. **Borisova, A. V.** Assessment of the environmental risk of industrial toxicants on the environment / A. V. Borisova // Transport: science, education, production: Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference, Rostov-on-Don,

конференции, Ростов-на-Дону, 24–26 апреля 2024 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 292-295

11. Обеспечение охраны труда и транспортной безопасности в условиях мультимодальной перевозки / А. В. Борисова, Д. А. Рудиков, В. А. Фирсов [и др.] // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 2(59). – С. 49-55.

April 24–26, 2024. – Rostov-on-Don: Rostov State Transport University, 2024. – P. 292–29

11. Ensuring labor protection and transport safety in conditions of multimodal transportation / A. V. Borisova, D. A. Rudikov, V. A. Firsov [et al.] // Proceedings of the Rostov State Transport University. - 2022. - No. 2 (59). - P. 49-55.

A.V. Borisova, N.M. Yaitskova

TOXICOLOGICAL ASPECTS IN ASSESSING PROFESSIONAL RISK IN RAILWAY WORKSHOPS

Abstract. The paper provides an analysis of the sources of occupational risks associated with occupational diseases among railway transport workers. Using the example of certain railway transport occupations where workers are exposed to chemical factors, the paper provides a review of chemical substances, taking into account their toxicological characteristics and harmfulness indicators. The paper also provides recommendations for considering the toxicity indicators of harmful substances in assessing occupational risks at the workplace.

Keywords: occupational risk, occupational disease, workplace, harmful substance, chemical factor, toxicity indicators, working conditions.

For citation: Borisova, A. V. Toxicological Aspects of the Occupational Risk of Railway Workers / A. V. Borisova, N. M. Yaitskova // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 6–11. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_6.

Сведения об авторах

Борисова Анастасия Викторовна

Ростовский государственный университет путей сообщения,
кафедра Безопасность жизнедеятельности,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: nastja004@bk.ru

Яицкова Наталья Михайловна

Ростовский государственный университет путей сообщения,
кафедра Безопасность жизнедеятельности,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: yia11@bk.ru

Information about the authors

Borisova Anastasia Viktorovna

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

Yaitskova Natalia Mikhailovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
e-mail: yia11@bk.ru

Е.Е. Бочарникова, В.А. Финоченко

ТЕХНОЛОГИИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. В статье рассматриваются источники негативного воздействия машиностроительных предприятий на окружающую среду и наилучшие доступные технологии снижения их негативной нагрузки, которые носят технологический, организационно-управленческий, архитектурно-планировочный и логистический характер. В работе также показано, что интеграция принципов экологической ответственности в стратегию машиностроительных предприятий служит фундаментом устойчивого развития.

Ключевые слова: машиностроение, охрана окружающей среды, наилучшие доступные технологии.

Для цитирования: Бочарникова, Е. Е. Технологии охраны окружающей среды машиностроительных предприятий / Е. Е. Бочарникова, В. А. Финоченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2 – С. 12–19. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_12.

Промышленное загрязнение окружающей среды является важной проблемой, затрагивающей практически все сферы жизнедеятельности. При этом, машиностроительные предприятия выступают крупнейшими источниками загрязнения. Производя большой ассортимент различной продукции, выделяют широкий спектр твердых, газообразных и жидких отходов, загрязняющих все звенья биосферы [1].

В машиностроении образование твердых отходов связано с производственным циклом. К ним в первую очередь относятся:

- амортизационный лом, образующийся при обновлении оборудования, смене оснастки и износе инструмента;
- резинотехнические отходы;
- древесная и пластиковая стружка с опилками;
- абразивы;
- шлаки и зола;
- шламы, флюсы и осадки;
- бумага и картон.

Изучая факт загрязнения атмосферного воздуха, наглядно видно, что основными источниками негативного влияния являются такие виды производств, как литейное, сварочное, лакокрасочное, цехи механической обработки, иными словами металлообработка, загрязняющая воздушное пространство абразивной и металлической пылью. В частности, литейное производство выбрасывает в атмосферу пыль, оксиды серы, азота и углерода в больших количествах, тем временем как сварочные цеха и окрасочные работы являются источниками аэрозолей и паров растворителей. Потенциальными последствиями такого воздействия на атмосферный воздух являются локальные загрязнения, влияющие на здоровье персонала и населения.

Водные ресурсы подвергаются загрязнению в основном гальваническими производствами, то есть загрязнение водоемов тяжелыми металлами, кислотами и щелочами, а также поверхностными стоками, к которым относятся взвешенные вещества и нефтепродукты, что приводит к негативному воздействию на водоемы.

Немало важным вопросом для решения проблемы загрязнения окружающей среды предприятиями машиностроения является внедрение «зеленой» повестки, которая представляет собой интегрированный процесс экологизации, ориентированный на минимизацию антропогенного воздействия в течении полного жизненного цикла всей продукции. Данные меры обусловлены ужесточением экологического законодательства, требованиями ESG (экологическая, социальная и управленческая ответственность) и необходимостью повышения рентабельности в условиях глобальной конкуренции.

К одним из ключевых направлений «зеленой» повестки относятся энергетический менеджмент и декарбонизация. В этот блок входят регенерация вторичных энергоресурсов, рациональное использование энергопотребления с помощью введения систем энергомониторинга, совершенствование приводных систем и воспроизводство энергии от возобновляемых источников для снижения уровня выбросов парниковых газов [2-5].

Необходимо отметить, что оценка состояния техногенных систем охватывает два ключевых аспекта:

- экологический риск, т.е. риск для природной среды [6, 7];
- технический риск, т.е. вероятность возникновения проблем, связанных с технологиями, оборудованием, инфраструктурой или процессами (промышленная безопасность).

Большое разнообразие загрязнений подразумевает оценку экологических рисков и разработку технологий охраны окружающей среды, так называемых наилучших доступных технологий, т.е. комплекса технологических, технических и управленческих решений, направленных на обеспечение высокой ресурсной и экологической эффективности производства. Отдельно следует сказать, что в настоящее время перед Российской промышленностью стоят задачи реализации целостного подхода по интеграции новых допустимых технологий в экологическую и производственную политику [8].

В зависимости от характера вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, методы очистки отходящих газов подразделяют на две большие группы [9, 10]:

- очистка от аэрозолей, т.е. пыли и туманов;
- очистка от газообразных и парообразных примесей.

Улавливание аэрозольных частиц из газовых потоков базируется на двух принципиально различных подходах:

- регенеративном, предполагающем сохранение вещества (электростатическое осаждение, адсорбция);
- деструктивным, направленном на его разложение (каталитическое и термическое окисление).

По конструктивному исполнению аппараты, сепарирующие твердые фазы, традиционно классифицируются на пылеуловители, варьирующихся от циклонов до скрубберов (для грубых и тонких фракций) и воздушные фильтры (преимущественно для высокодисперсных аэрозолей).

Нейтрализация газовой фазы, содержащей токсичные соединения в парообразном состоянии, достигается путем физико-химической трансформации или биологической деструкции.

К числу наиболее востребованных физико-химических технологий относятся абсорбционные (включая хемосорбцию), адсорбционные процессы, а также термическую и каталитическую обработку. На практике высокая эффективность обезвреживания, как правило, обеспечивается применением гибридных (многоступенчатых) схем, где последовательно реализуются различные технологии очистки.

Определяющими критериями при выборе оптимальной технологии служат:

- параметры загрязнителей (уровень входной концентрации примесей и требования к концентрации выбросов);
- характеристики потока (объем и температура выбросов);

- компонентный состав выбросов (наличие вторичных примесей и механических взвесей);
- ресурсное обеспечение (наличие и доступность реагентов, сорбентов или катализаторов);
- инфраструктурные ограничения (габариты оборудования и площадь под их установку);
- эксплуатационная технологичность (простота обслуживания, ремонтпригодность и устойчивость к климатическим факторам и т.п.).

Обработка производственных стоков направлена на достижение трех основных эффектов:

- природоохранного, а именно снижение нагрузки на гидросферу;
- ресурсосберегающего, связанного с возможностью использования очищенной воды в оборотных циклах;
- утилитарного, основанного на сепарации и возврате ценных продуктов в рабочий цикл.

Выбор рациональной технологии водоочистки основывается, прежде всего, физико-химическими характеристиками сточной воды, определяющими номенклатуру присутствующих в ней поллютантов. Исходный состав стоков диктует необходимость применения тех или иных методов и их комбинаций. На базе этого предлагаются различные конфигурации очистных мощностей, которые могут быть представлены:

- локальными установками, интегрированными непосредственно в технологическую линию цеха (для утилизации высококонцентрированных или специфических примесей до смешения с общим потоком);
- общезаводскими (централизованными) станциями, обеспечивающими финишную доочистку смешанного стока перед сбросом или подачей в оборот.

Существующие методы очистки сточных вод подразделяются на механические, химические, физико-химические, электрохимические и биологические.

В механических способах удаление взвешенных веществ из сточных вод достигается гидромеханическими методами:

- процеживанием (барабанные сетки, решетки);
- отстаиванием (песколовки, отстойники, гидроциклоны), основанные на принципе использования гравитационных или центробежных сил для отделения минеральных и органических взвесей;
- фильтрованием (зернистые или тканевые фильтры).

Следует учитывать, что выбор технологии определяется дисперсностью примесей, их концентрацией, расходом стоков и требуемой эффективностью.

Химические методы занимают особое место в спектре водоочистных технологий, выполняя как самостоятельные, так и вспомогательные функции. Они могут выступать в роли:

- основного технологического процесса при подготовке воды для замкнутых циклов водоснабжения;
- предварительной ступени, снижающей нагрузку на последующие виды очистки;
- метода глубокой доочистки стоков;
- инструмента рекуперации ценных компонентов, т.е. извлечения металлов и других ценных соединений.

К основным химическим процессам относятся:

- нейтрализация кислотно-щелочных стоков для доведения pH до экологически безопасного уровня (6,5-8,0);
- осаждение ионов тяжелых металлов посредством перевода в малорастворимые формы;
- окисление (озонирование, хлорирование) и восстановление (например, хрома (VI) до хрома (III)).

Физико-химическая обработка сточных вод представляет собой совокупность процессов, направленных на извлечение из жидкой фазы трудносепарируемых компонентов: высокодисперсных взвесей (как твердых, так и эмульгированных жидких), растворенных газов, а также ионных и молекулярных форм минеральных и органических загрязнителей. Данная группа методов базируется на изменении фазово-дисперсного состояния примесей или массообмене между жидкой и твердой или газовой фазами.

К числу наиболее востребованных физико-химических технологий относятся:

- коагуляция и флотация, необходимые для дестабилизации коллоидных систем и флотационного отделения агрегатов;
- сорбционные процессы, т.е. адсорбция, ионный обмен (концентрирование загрязнений на поверхности или в объеме твердой фазы) и др.;
- экстракция, а именно перераспределение примесей между двумя жидкими фазами;
- баромембранные процессы, т.е. микрофильтрация, ультрафильтрация, обратный осмос, заключающиеся в сепарации на полупроницаемых перегородках под действием градиента давления.

Ключевым преимуществом физико-химических методов выступает их способность обеспечивать высокую и воспроизводимую степень очистки даже при флуктуациях гидравлической нагрузки и нестабильности качественного состава исходных стоков, что выгодно отличает их от менее устойчивых к внешним воздействиям биологических систем.

Электрохимические методы базируются на преобразовании электрической энергии в химическую работу, что позволяет инициировать окислительно-восстановительные реакции непосредственно в обрабатываемой среде (анодное окисление, катодное восстановление), а также реализовывать процессы электрофлотации, электрокоагуляции и электродиализа без введения дополнительных реагентов.

Биологическая очистка занимает доминирующее положение в спектре технологий обработки сточных вод благодаря своей универсальности и способности к деструкции широкого спектра загрязнений. Метод базируется на метаболическом потенциале микроорганизмов, которые в процессе ассимиляции используют компоненты стоков в качестве субстрата для энергетического обмена и конструктивного метаболизма.

Деструкция органических соединений, а также частично окисленных неорганических веществ (например, соединений азота и серы) реализуется через биохимическое окисление, катализируемое ферментными системами микробных клеток. В зависимости от природы они подразделяются на:

- аэробные, где окисление субстрата сопряжено с восстановлением молекулярного кислорода, т.е. они ориентированы преимущественно на минерализацию растворенных органических соединений;
- анаэробные, протекающие при отсутствии кислорода с использованием его связанных форм (нитратов, сульфатов). Данные процессы характеризуются меньшей скоростью, но позволяют утилизировать как растворенные органические вещества, так и твердую фазу осадков, что делает их незаменимыми в технологиях сбраживания и стабилизации избыточного активного ила.

Реализация процессов биохимического окисления возможна в двух принципиально различных макросредах:

- в условиях, приближенных к природным, а именно естественная очистка на полях фильтрации и в биологических прудах;
- в управляемых условиях инженерных сооружений – биологических реакторах таких как аэротенки и биофильтры.

Принципиальное различие в аппаратном оформлении определяет форму существования микрофлоры. В аэротенках биоценоз представлен активным илом – флокулированной взвесью, состоящей из клеток микроорганизмов, внеклеточных полимеров и сорбированных частиц субстрата, тем временем как в биофильтрах микроорганизмы

формируют биопленку, т.е. консорциум, закрепленный на поверхности инертной или активной загрузки.

Рассматривая твердые отходы предприятий машиностроения, выделяется утилизация изделий из резины и пластмассы.

Все известные методы утилизации изделий из резины, потерявших потребительские свойства, можно разделить на три группы [11]:

- физический метод – дробление;
- физико-химический метод – регенерация;
- термические методы – сжигание и пиролиз.

Механическая деструкция – совокупность процессов, направленных на разрушение эластомерного материала под действием внешних нагрузок. В зависимости от конструкции измельчительного оборудования реализуются различные механизмы разрушения: удар (в молотковых дробилках), истирание (в валковых агрегатах), резание (в ножевых мельницах), сжатие и сдвиг (в экструдерах). Конечным продуктом выступают резиновые порошки различной дисперсности, используемые как наполнители или компоненты композиционных материалов.

Физико-химическая переработка основывается на процессах регенерации, при которых под действием тепла, пластифицирующих агентов и механических усилий происходит деструкция пространственной сетки вулканизата. В отличие от механического измельчения, регенерация позволяет частично восстановить пластические свойства материала, сохраняя его макромолекулярную структуру для повторной вулканизации.

Термическая конверсия – процесс глубокой химической деструкции резины, протекающий в условиях отсутствия кислорода. При нагревании до определенных температур полимерная матрица распадается с образованием низкомолекулярных соединений, формирующих три целевых фракции: твердый углеродсодержащий остаток, жидкие углеводороды и неконденсируемые газы, которые могут быть направлены на энергообеспечение самого процесса.

Немало важными стратегическими методами минимизации экологических рисков являются следующие организационно-управленческие меры:

- внедрение системы экологического менеджмента;
- проведение регулярного экологического аудита и мониторинга;
- разработка программ производственного экологического контроля;
- стимулирование рационализаторских предложений по ресурсосбережению.

Также можно использовать архитектурно-планировочные и логистические решения:

- правильное зонирование территории предприятия;
- создание санитарно-защитных зон и озеленение;
- оптимизация логистики для снижения выбросов от транспорта.

В заключении следует отметить, что важным фактором решения проблемы загрязнения окружающей среды предприятиями машиностроения является внедрение «зеленой» повестки. Это обуславливается требованиями экологического законодательства и социальной ответственностью производителей.

Также следует отметить, что в настоящее время имеются, так называемые наилучшие доступные технологии для снижения негативной нагрузки машиностроительных предприятий на окружающую среду. Они носят как технологический характер, так и организационно-управленческий, архитектурно-планировочный и логистический характер.

В целом интеграция принципов экологической ответственности в стратегию машиностроительных предприятий служит фундаментом устойчивого развития.

Помимо общих организационных мер, критически важным является внедрение системы экологического менеджмента (СЭМ), соответствующей международному стандарту ISO 14001. Такая система обеспечивает не формальное, а реальное интегрирование экологических целей в бизнес-процессы. Она предполагает цикличность действий:

планирование (установление целей и программ), выполнение (внедрение и функционирование процессов), проверку (мониторинг и аудит) и улучшение (корректирующие и предупреждающие действия). Это позволяет предприятию не просто реагировать на проблемы, но проактивно управлять своими экологическими аспектами, последовательно снижая нагрузку на окружающую среду.

В конечном итоге, успех всей экологической стратегии машиностроительного предприятия зависит от формирования соответствующей корпоративной культуры. Регулярное обучение и повышение экологической грамотности персонала всех уровней, внедрение программ мотивации за предложения по ресурсосбережению и снижению отходов создают необходимую вовлеченность коллектива. Только сочетание технологических, управленческих и кадровых мер обеспечивает комплексное снижение экологической опасности и способствует долгосрочной конкурентоспособности предприятия в условиях ужесточающихся экологических норм и роста общественных ожиданий.

Список литературы

1. **Липаев, А. А.** О роли машиностроения в создании техносферы и проблемах управления его отходами / А. А. Липаев. Управление техносферой : электронный журнал. – 2021. – Т.4. Вып.4. – С. 389-402. – URL: <https://technosphere-ing.ru/> (дата обращения: 16.01.2026). – DOI: 10.34828/UdSU.2021.23.42.005.
2. **Лебедева, М. А.** Проблемы декарбонизации экономики России / М. А. Лебедева. Проблемы развития территории. – 2022. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemny-dekarbonizatsii-ekonomiki-rossii>
3. **Горбунова, М. М.** К вопросу перспектив применения возобновляемых источников энергии и технологий альтернативной энергетики / М. М. Горбунова, В. А. Финоченко. Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. №4(61), 2022. – С. 35-39.
4. **Муравьев, А. В.** Альтернативные источники энергосбережения в теплоснабжении / А. В. Муравьев, А. О. Набокин, И. В. Тарасов, А. П. Черкезян. Сб. научных трудов Междунар. научно-практ. конф. «Энергетика транспорта. Актуальные проблемы и задачи». – Ростов н/Д.: 2023. – С. 151-154.
5. **Эстрин, И. А.** Роль энергосбережения в современных условиях / И. А. Эстрин, И. А. Соколенко, В. Е. Мамутов, Д. С. Володин. Сб. научных трудов V Междунар. научно-практ. конф. «Энергетика транспорта.

References

1. **Lipaev, A. A.** On the Role of Mechanical Engineering in the Creation of the Technosphere and the Problems of Managing Its Waste / A. A. Lipaev. Technosphere Management: Electronic Journal. - 2021. - Vol. 4. Issue 4. - Pp. 389-402. - URL: <https://technosphere-ing.ru/> (accessed: 16.01.2026). - DOI: 10.34828/UdSU.2021.23.42.005.
2. **Lebedeva, M. A.** Problems of Decarbonization of the Russian Economy / M. A. Lebedeva. Problems of Territorial Development. - 2022. - No. 2. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemny-dekarbonizatsii-ekonomiki-rossii>
3. **Gorbunova, M. M.** On the Prospects of Using Renewable Energy Sources and Alternative Energy Technologies / M. M. Gorbunova, V. A. Finochenko. Proceedings of the Rostov State Transport University. No. 4 (61), 2022. – Pp. 35-39.
4. **Muravyov, A. V.** Alternative Sources of Energy Saving in Heat Supply / A. V. Muravyov, A. O. Nabokin, I. V. Tarasov, A.P. Cherkezyan. Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conf. "Transport Energy. Actual Problems and Tasks". – Rostov n / D: 2023. – Pp. 151-154.
5. **Estrin, I.A.** The Role of Energy Saving in Modern Conditions / I. A. Estrin, I. A. Sokolenko, V. E. Mamutov, D. S. Volodin. Collection of scientific papers of the V Intern. scientific-practical. conf. "Energy of

Актуальные проблемы и задачи». – Ростов н/Д.: 2021. – С. 84-88.

6. **Ширкин, Л. А.** Техногенные системы и экологический риск / Л. А. Ширкин, Т. А. Трифонова. Владимирский государственный университет. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. – 79 с.

7. **Сизова, Н.С.** Стратегия минимизации экологических рисков в России / Н. С. Сизова. Вестник Санкт-Петербургского университета. Социология. – 2011. – №4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategiya-minimizatsii-ekologicheskikh-riskov-v-rossii>

8. **Минбалеев, А. В.** Наилучшие доступные технологии и их использование для технологического развития / А.В. Минбалеев, М.А. Берестнев, К.С. Евсиков. Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2024. Вып. 1.

9. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях : ИТС 22-2016 : дата введения 2017–07–01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – М.: Бюро НДТ, 2016. – URL: https://burondt.ru/NDT/docs/its22/#_Toc468090595.

10. **Абдульманова, К. И.** Основные тенденции развития инженерной экологии / К. И. Абдульманова, Л. И. Воробинская, В. А. Финоченко. Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – Ростов н/Д: 2024. № 3(68). – С. 19-23.

11. **Шулепова, О. В.** Организация управления отходами в производственном процессе на машиностроительном предприятии / О. В. Шулепова // АПК: инновационные технологии. – 2025. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-upravleniya-othodami-v-proizvodstvennom-protsesse-na-mashinostroitelnom-predpriyatii>

Transport. Actual Problems and Tasks". - Rostov n / D: 2021. - Pp. 84-88.

6. **Shirkin, L.A.** Technogenic systems and environmental risk / L. A. Shirkin, T. A. Trifonova. Vladimir State University. - Vladimir: Publishing house of Vladimir. state University, 2011. - 79 p.

7. **Sizova, N. S.** Strategy for minimizing environmental risks in Russia / N. S. Sizova. Bulletin of St. Petersburg University. Sociology. - 2011. - No. 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategiya-minimizatsii-ekologicheskikh-riskov-v-rossii>

8. **Minbaleev, A. V.** Best Available Technologies and Their Use for Technological Development / A. V. Minbaleev, M. A. Berestnev, K. S. Evsikov. Bulletin of Tula State University. Earth Sciences. 2024. Issue 1.

9. Information and Technical Handbook on Best Available Technologies. Cleaning of Emissions of Harmful (Polluting) Substances into the Atmospheric Air during the Production of Products (Goods), as well as during Work and the Provision of Services at Large Enterprises: ITS 22-2016: effective July 1, 2017 / Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. – M.: Bureau of NDT, 2016. – URL: https://burondt.ru/NDT/docs/its22/#_Toc468090595.

10. **Abdulmanova, K. I.** Main trends in the development of engineering ecology / K. I. Abdulmanova, L. I. Vorobinskaya, V. A. Finochenko. Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – Rostov n / D: 2024. No. 3 (68). – P. 19-23.

11. **Shulepova, O.V.** Organization of waste management in the production process at a machine-building enterprise / O. V. Shulepova // AIC: innovative technologies. – 2025. – No. 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-a-upravleniya-othodami-v-proizvodstvennom-protsesse-na-mashinostroitelnom-predpriyatii>

E.E. Bocharnikova, V.A. Finochenko

ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGIES OF ENGINEERING ENTERPRISES

Abstract. This article examines the sources of negative environmental impacts of engineering enterprises and the best available technologies for mitigating these impacts, which include technological, organizational, managerial, architectural, planning, and logistical approaches. The paper also demonstrates that integrating environmental responsibility principles into the strategy of engineering enterprises serves as the foundation for sustainable development.

Keywords: mechanical engineering, environmental protection, best available technologies.

For citation: Bocharnikova, E. E. Environmental Protection Technologies of Engineering Enterprises / E. E. Bocharnikova, V. A. Finochenko // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 12–19. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_12.

Сведения об авторах

Бочарникова Екатерина Евгеньевна

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

Финоченко Виктор Анатольевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения,
Декан факультета Энергетический
кафедра Безопасность жизнедеятельности,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: fin@rgups.ru

Information about the authors

Bocharnikova Ekaterina Evgenevna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Master's Degree Student

Finochenko Viktor Anatolyevich

Rostov State Transport University,
Dean of the Faculty of Energy
Chair «Life Safety»,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: fin@rgups.ru

Л.И. Воробинская, Н.М. Яицкова

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В МЕТАЛЛУРГИИ: РИСКИ, ТЕХНОЛОГИИ И УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПРАКТИКИ

Аннотация. В статье рассмотрены основные опасные факторы, действующие на работников металлургических предприятий. Проанализированы данные о производственном шуме как ведущем профессиональном риске. Приведены требования нормативных документов, регламентирующих охрану труда в отрасли. Описаны цифровые инструменты контроля безопасности, внедряемые на ведущих предприятиях. На примерах компаний «Северсталь», ММК и «Русская медная компания» показаны подходы к управлению профессиональными рисками и интеграции принципов устойчивого развития в охрану труда. Сделан вывод о необходимости сочетания технических, технологических и управленческих мер для снижения травматизма.

Ключевые слова: охрана труда, металлургия, профессиональные риски, производственный шум, цифровые технологии, риск-ориентированный подход, устойчивое развитие.

Для цитирования: Воробинская, Л. И. Современные подходы к обеспечению безопасности труда в металлургии: риски, технологии и управленческие практики / Л. И. Воробинская, Н. М. Яицкова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 20–26. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_20.

Металлургия – системообразующая отрасль промышленности России. Производство металлов включает сложные технологические процессы, которые несут прямые опасности для здоровья и жизни работников. Несмотря на то, что общее число несчастных случаев со смертельным исходом в стране сокращается, традиционных подходов к охране труда уже недостаточно. На отраслевом совещании Роструда 16 июня 2026 года отмечено: ключевое значение приобретают технологические решения и системное управление рисками [6]. В настоящей статье рассмотрены основные опасные факторы, действующие на металлургических предприятиях, современные методы их оценки, нормативные требования и практические примеры снижения травматизма в отрасли.

На металлургических предприятиях действует комплекс опасных факторов [7]. К ним относятся:

- высокие температуры, работа с расплавленным металлом;
- промышленный транспорт и грузоподъемные механизмы;
- подвижные элементы оборудования;
- шум, вибрация;
- загазованность и запыленность воздуха;
- токсичные вещества;
- электрический ток;
- физические и нервно-психические нагрузки.

Несмотря на модернизацию производства, металлургическая отрасль сохраняет высокий уровень профессионального риска. По данным Горно-металлургического профсоюза России, в 2025 году на металлургических и рудных предприятиях страны пострадали 768 человек, 44 из них погибли. В числе самых распространённых причин травм – воздействие

движущихся, вращающихся и разлетающихся предметов, падение с высоты, а также воздействие электротока. Профсоюзные инспекции отмечают, что главным виновником большинства несчастных случаев остаётся человеческий фактор – невнимательность, поспешность и неосторожность работников, а также недостаточный контроль со стороны руководителей за ходом выполнения работ.

Существенной проблемой остаётся профессиональная заболеваемость. В 2025 году выявлен 543 случая профзаболеваний. В структуре патологии лидируют вибрационная болезнь, нейросенсорная тугоухость, силикоз и хронические заболевания органов дыхания. При этом наблюдается тенденция к росту коморбидной патологии — сочетания нескольких профессиональных заболеваний у одного работника. Исследования показывают, что у работников никелевой промышленности доля таких случаев за 14 лет выросла с 0 до 83,3%, а число заболеваний на одного работника увеличилось в 3,17 раза. Это связано с сочетанным воздействием вредных факторов – химических веществ, тяжести труда, шума и вибрации.

Отдельного внимания заслуживает проблема качества специальной оценки условий труда (СОУТ). Как отмечают эксперты профсоюзов, при проведении СОУТ часто недооценивается время воздействия вредных факторов на работника, а единой утверждённой методики его определения не существует. Это создаёт предпосылки для формального подхода и возможной фальсификации результатов, что влечёт за собой недоучёт реальных рисков и недостаточность профилактических мер. Кроме того, нередко случаи, когда работодатели не в полной мере используют данные СОУТ для организации обязательных медицинских осмотров, хотя в ряде случаев даже при допустимом классе условий труда (2.0) работники подлежат медосмотрам в соответствии с приказом Минздрава № 29н [19].

Согласно данным государственных докладов, доля рабочих мест, не отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям по шуму, за последние пять лет выросла с 14,85% в 2020 году до 17,34% в 2024 году [1, 2, 3]. В структуре профессиональной патологии от физических факторов производственной среды нейросенсорная тугоухость занимает лидирующее место. В металлургии более половины работников (51,1%) заняты во вредных условиях именно по акустическим факторам [8].

В отрасли внедряется риск-ориентированный подход к охране труда. Его цель – предупреждение происшествий, а не реагирование на инциденты. Директор Департамента условий и охраны труда Минтруда России Г. Молебнов отметил: этот подход позволяет сосредоточить усилия на управлении рисками и выявить недостатки в системах безопасности до того, как произойдет нежелательный исход [6].

Основной документ, регламентирующий охрану труда на предприятиях металлургического комплекса, – Правила по охране труда при обработке металлов (приказ Минтруда России от 11.12.2020 № 887н) [9]. Правила устанавливают требования для литейного производства, обработки металлов, кузнечно-прессовых работ, термической обработки, нанесения покрытий, обработки резанием, работ с давлением и испытаний.

Правила распространяются на такие виды работ, как токарная, фрезерная и сверлильная обработка, термическая обработка, плавка в печах, закалка в ваннах, сварочные и газоплазменные операции [8].

Согласно правилам, работодатель обязан обеспечить:

- автоматизацию и герметизацию процессов с вредными факторами;
- механизацию и автоматизацию ручного труда;
- замену токсичных веществ менее токсичными;
- блокировочные устройства, сигнализацию, аварийное отключение;
- безопасное хранение и транспортировку материалов [9].

Правила служат основой для разработки инструкций, организации обучения, определения работ с повышенными требованиями безопасности и идентификации опасностей при оценке рисков [8].

В металлургии активно внедряются цифровые инструменты контроля. Например, в Группе ММК уполномоченные по охране труда используют систему «Навигатор безопасности». С ее помощью фиксируются замечания, фотографируются нарушения, отслеживается их устранение. Система ведет учет по видам и локациям нарушений [1]. Среди инновационных решений: видеоаналитика, датчики контроля вредных веществ в воздухе, системы «Антисон» и «Антинаезд» на горнотранспортном оборудовании, промышленные экзоскелеты, тренировочные полигоны для отработки навыков работы на высоте [2].

Применение персональных шумомеров также относится к цифровым инструментам, позволяющим проводить длительный мониторинг (до 46 часов) с последующей обработкой данных. Это дает возможность достоверно оценить индивидуальный профессиональный риск и определить приоритетность мер на каждом рабочем месте [10].

Одним из наиболее перспективных направлений является использование систем видеоаналитики для контроля за соблюдением правил безопасности в реальном времени. В Китае компания CERi разработала систему «CERi SmartEye» для автоматизации процесса подъема ковша в вакууматорах RH. Система использует архитектуру «модель + компьютерное зрение» и обеспечивает полностью автоматическое управление подъемом и опусканием ковша. Благодаря двойному резервированию и механизму превентивного опускания перед разгерметизацией система предотвращает риск перелива жидкой стали [12].

В России аналогичные решения внедряет «Северсталь». На Череповецком металлургическом комбинате завершилось тестирование цифровой платформы «СОВА», которая на основе штатных камер видеонаблюдения отслеживает восемь видов нарушений безопасности – отсутствие касок, перчаток, очков, нахождение в опасных зонах, несоблюдение правил погрузки. При обнаружении опасной ситуации система мгновенно отправляет сигнал в цех, чтобы сотрудники успели среагировать до того, как случится беда. За время испытаний «СОВА» выявила более 400 нарушений, ранее остававшихся незамеченными [13].

Группа ММК внедряет систему предотвращения нахождения персонала в опасных зонах на базе искусственного интеллекта. Система обеспечивает круглосуточное наблюдение в производственных помещениях и подает предупредительный сигнал на персональное устройство работника при приближении к опасной зоне. В доменном цехе ММК система интегрирует данные локального позиционирования с носимых устройств, видеонаблюдение и видеоаналитику, что позволяет не только предотвращать нахождение сотрудников в опасных зонах, но и уменьшать количество травм [14].

Зарубежные исследователи активно развивают системы предиктивной аналитики для предотвращения аварий. Канадские ученые из Политехнической школы Монреаля совместно с компанией Rio Tinto разработали модели прогнозирования температуры стенок электродуговых печей на основе нейросетей LSTM и GRU. Главный риск эксплуатации таких печей — прорыв расплава (run-out), возникающий из-за разрушения футеровки. Разработанная модель прогнозирует температуру стенки с точностью 0,29% средней абсолютной процентной ошибки, что позволяет оператору своевременно корректировать режим работы печи и предотвращать аварию [15].

В статье «Оценка влияния автоматизации на риск аварий при выплавке стали» (журнал «Черная металлургия», 2024) рассматриваются риски, связанные с автоматизацией технологических процессов. Авторы отмечают, что автоматизация, повышая эффективность и безопасность, одновременно вносит новые элементы риска – от технических сбоев до психологического воздействия на персонал. Поэтому необходимо применять методы управления, основанные на анализе вероятных сценариев аварий и идентификации возможных негативных последствий [16].

Обзорная статья китайских исследователей «Application status and prospect of intelligent safety monitoring system in ironworks» (журнал «China Metallurgy», 2026) систематизирует эволюцию систем мониторинга безопасности в металлургии – от обязательного управления до

интеллектуального прогнозирования. В основе современных систем лежит концепция «Человек-Машина-Материал-Среда-Процесс». Значительные прорывы достигнуты в многосенсорном восприятии информации, интеллектуальной идентификации рисков и кросс-системном координированном оповещении. Системы позволяют выявлять нарушения в работе оборудования и прогнозировать неисправности на протяжении всего жизненного цикла. На предприятиях Wuhan Iron and Steel и Liuzhou Iron and Steel системы интеллектуального мониторинга уже дали измеримые результаты в сокращении простоев доменных печей, повышении производительности труда и оптимизации энергопотребления [17].

В статье «Forging the Future: Advanced Automation in Converter Steelmaking for a Sustainable Twin Transition» (BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 2026) представлена концепция «Автономного завода», разработанная компанией Primetals Technologies. Основной целью является минимизация вмешательства человека в производственные процессы за счет удаленного мониторинга, объединенного управления и центрального пульта управления. Экспертные системы, такие как BOF Tapping Expert с оптической системой на основе ИИ, автоматизируют критические операции, повышая безопасность за счет снижения участия человека. Цифровой ассистент ALEX (Asset Life Expert) предоставляет интеллектуальную поддержку при обработке аварийных сигналов, используя круглосуточно доступные цифровые знания опытных операторов [18].

Таким образом, современные технологии обеспечения безопасности в металлургии развиваются по четырем основным направлениям: 1) видеоаналитика и компьютерное зрение для контроля соблюдения правил безопасности в реальном времени; 2) системы прогнозирования на основе нейросетей для предотвращения аварий оборудования; 3) интеграция данных позиционирования, видеонаблюдения и технологических параметров для комплексного мониторинга; 4) концепция автономного завода с минимизацией человеческого участия в опасных операциях. Российские компании («Северсталь», ММК) внедряют решения, сопоставимые с лучшими зарубежными практиками, что подтверждает эффективность технологического подхода к управлению промышленной безопасностью.

Выявленные риски и методы их контроля напрямую связаны с реализацией принципов устойчивого развития в металлургии. В исследовании Мазина и соавторов устойчивое развитие промышленного предприятия рассматривается с учетом четырех компонентов: экономической эффективности, социальной ответственности, экологической безопасности и инновационно-технологической динамики [11].

Группа ММК интегрировала принципы ESG в стратегическое планирование. В 2025 году достигнуты следующие результаты: целевой показатель LITIF (частоты травм с потерей трудоспособности) снижен до 0,44; вовлеченность персонала достигла 75,5%; расходы на охрану труда составили 3,6 млрд руб. (+20% к 2024 году); природоохранные расходы — 22,5 млрд руб. (+26%) [4].

В 2024 году ММК первой в отрасли запустила автоматизированную систему расчета выбросов парниковых газов, прошедшую международную валидацию TÜV AUSTRIA. В 2025 году валовые выбросы CO₂ сократились на 4,8% [5].

Также в качестве примера эффективных практик может служить опыт «Северстали», которая одна из первых сертифицировала систему управления охраной труда и промышленной безопасностью по стандартам OHSAS 18001 и ISO 45001 [3]. В компании выстроена система превентивных мер, которая объединяет рейтинговый аудит, оценку рисков, поведенческие беседы, аудит производственных операций и дисциплинарную работу с нарушителями [5].

В АО «Русская медная компания» благодаря комплексу мер в 2025 году число случаев тяжелого и смертельного травматизма и профзаболеваний равно нулю. Это отметил вице-президент АО «РМК» В. Вуколов [2].

Обеспечение безопасности труда на металлургических предприятиях требует комплексного подхода, включающего:

- внедрение риск-ориентированного подхода для предупреждения происшествий;
- соблюдение Правил по охране труда при обработке металлов (ПОТ № 887н), актуализацию локальных документов и обучение персонала;
- использование цифровых технологий (видеоаналитика, датчики, персональные шумомеры, автоматизированные системы учета);
- повышение мотивации персонала и формирование культуры безопасности;
- сертификацию процессов управления охраной труда по международным стандартам;
- интеграцию принципов устойчивого развития и ESG-факторов в стратегию предприятия.

Показатели ведущих компаний – ММК, «Северстали», «Русской медной компании» – подтверждают, что сочетание технических, технологических и управленческих мер позволяет существенно снизить производственный травматизм. Работа в области охраны труда должна быть непрерывной на всех уровнях – от руководства до рядовых сотрудников.

Список литературы

1. Как «цифру» внедряют в охрану труда. – URL: <https://www.gmpr74.ru/news/kak-tsifru-vnedryayut-v-okhranu-truda>
2. Безопасность – основа профессии: как защищают работников в металлургии. – URL: <https://git18.rostrud.gov.ru/news/1590575.html>
3. Северсталь (Severstal). Программа «Единый стандарт». Ключевые правила безопасности. – URL: <https://www.namvd.ru/severstal-severstal-eto-oao-severstal-programma-edinyi-standart/>
4. Годовой отчет ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» за 2025 год. – URL: <https://e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=9&type=2>
5. Годовой отчет ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» за 2024 год. – URL: <https://e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=9&type=2>
6. В Роструде прошло отраслевое совещание с металлургическими компаниями. – URL: <https://journal.ecostandard.ru/reports/vnot-2026/v-nbsp-rostrude-proshlo-otraslevoe-soveshchanie-s-nbsp-metallurgicheskimi-kompaniyami/>
7. Харлова, Е. И. Анализ состояния травматизма и профессиональных заболеваний на предприятиях металлургической отрасли // Вести Автомобильно-дорожного института. – 2024. – № 1(48). – С. 97-102, eISSN: 3034-4441
8. Правила по охране труда при обработке

References

1. How digital technologies are being introduced into occupational safety. – URL: <https://www.gmpr74.ru/news/kak-tsifru-vnedryayut-v-okhranu-truda>
2. Safety is the foundation of the profession: how workers are protected in the metallurgy industry. – <https://git18.rostrud.gov.ru/news/1590575.html>
3. Severstal. Unified Standard Program. Key Safety Rules. – URL: <https://www.namvd.ru/severstal-severstal-eto-oao-severstal-programma-edinyi-standart/>
4. Annual Report of PJSC Magnitogorsk Iron and Steel Works for 2025. – URL: <https://e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=9&type=2>
5. Annual Report of PJSC Magnitogorsk Iron and Steel Works for 2024. – URL: <https://e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=9&type=2>
6. Rostrud held an industry meeting with metallurgical companies. – URL: <https://journal.ecostandard.ru/reports/vnot-2026/v-nbsp-rostrude-proshlo-otraslevoe-soveshchanie-s-nbsp-metallurgicheskimi-kompaniyami/>
7. Kharlova, E. I. Analysis of the state of injuries and occupational diseases at enterprises of the metallurgical industry // Vesti Automobile and Road Institute. - 2024. - No. 1 (48). - P. 97-102, eISSN: 3034-4441
8. Occupational safety rules for

металлов. Анализ ПОТ № 887н. – <https://ot-media.ru/workshop/razbory/pravila-po-okhrane-truda-pri-obrabotke-metallov-chto-nuzhno-znat-specialistu-po>

9. Об утверждении Правил по охране труда при обработке металлов (с изм. на 29.04.2025). – <https://base.safework.ru/law?doc&nd=33300131>

10. **Мартин С. В., Федорук А. А., Кудряшов И. Н., Газимова В. Г.** Оценка индивидуального профессионального риска от воздействия шума у работников металлургического производства // Медицина труда и экология человека. 2026. №2. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-individualnogo-professionalnogo-riska-ot-vozdeystviya-shuma-u-rabotnikov-metallurgicheskogo-proizvodstva>

11. **Мазин А. Л., Егоров Е. Е., Корнев И. С., Вишневецкая А. В., Набиев А. В.** Содержание концепции устойчивого развития и ее реализация в металлургическом комплексе // Финансовые рынки и банки. – 2026. – №. – С. 631-637. <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-kontseptsii-ustoychivogo-razvitiya-i-ee-realizatsiya-v-metallurgicheskom-komplekse>

12. CERI SmartEye: Visual AI Drives New Breakthrough in Intelligent Ladle Jacking. – CERI, 2026. – URL: <https://www.ceri.com>

13. «Северсталь» внедряет цифровой контроль за промышленной безопасностью. – РБК, 2026. – URL: <https://www.rbc>.

14. ММК внедрил в доменном цехе систему безопасности на базе ИИ. – russia24.pro, 2026. – URL: <https://russia24.pro>

15. Safety soft sensor development for pilot-scale ilmenite electric arc furnace using long short-term memory-based architecture. – Wiley Online Library, 2026. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com>

16. Оценка влияния автоматизации на риск аварий при выплавке стали // Черная металлургия. – 2024. – №.

17. Application status and prospect of intelligent safety monitoring system in ironworks // China Metallurgy. – 2026. – №.

18. Forging the Future: Advanced Automation in Converter Steelmaking for a Sustainable Twin Transition // BHM Berg- und

metalworking. Analysis of Occupational Safety Regulations No. 887n. – <https://ot-media.ru/workshop/razbory/pravila-po-okhrane-truda-pri-obrabotke-metallov-chto-nuzhno-znat-specialistu-po>

9. On approval of the Rules for labor protection in metalworking (as amended on April 29, 2025). – <https://base.safework.ru/law?doc&nd=33300131>

10. **Martin S. V., Fedoryuk A. A., Kudryashov I. N., Gazimova V. G.** Assessment of individual professional risk from exposure to noise in workers in metallurgical production // Occupational Medicine and Human Ecology. 2026. No. 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-individualnogo-professionalnogo-riska-ot-vozdeystviya-shuma-u-rabotnikov-metallurgicheskogo-proizvodstva>

11. **Mazin A. L., Egorov E. E., Kornev I. S., Vishnevetskaya A. V., Nabiev A. V.** The content of the concept of sustainable development and its implementation in the metallurgical complex // Financial markets and banks. - 2026. - No. - P. 631-637. <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-kontseptsii-ustoychivogo-razvitiya-i-ee-realizatsiya-v-metallurgicheskom-komplekse>

12. CERI SmartEye: Visual AI Drives New Breakthrough in Intelligent Ladle Jacking. – CERI, 2026. – URL: <https://www.ceri.com>

13. Severstal introduces digital control over industrial safety. – RBC, 2026. – URL: <https://www.rbc>.

14. MМК has implemented an AI-based security system in its blast furnace shop. – russia24.pro, 2026. – <https://russia24.pro>

15. Safety soft sensor development for pilot-scale ilmenite electric arc furnace using long short-term memory-based architecture. – Wiley Online Library, 2026. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com>

16. Assessment of the impact of automation on the risk of accidents in steel smelting // Ferrous Metallurgy. - 2024. - No.

17. Application status and prospect of intelligent safety monitoring system in ironworks // China Metallurgy. – 2026. – №.

18. Forging the Future: Advanced Automation in Converter Steelmaking for a Sustainable Twin Transition // BHM Berg-

Hüttenmännische Monatshefte. – 2026. – Springer.

19. Приказ Минздрава России от 28.01.2021 N 29н «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации ...»

und Hüttenmännische Monatshefte. – 2026. – Springer.

19. Приказ Минздрава России от 28.01.2021 N 29н «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации ...»

L.I. Vorobinskaya, N.M. Yaitskova

MODERN APPROACHES TO OCCUPATIONAL SAFETY IN METALLURGY: RISKS, TECHNOLOGIES AND MANAGEMENT PRACTICES

Abstract. The article examines the main hazardous factors affecting workers at metallurgical enterprises. Data on occupational noise as a leading professional risk are analyzed, including the results of individual dosimetry using personal noise dosimeters. The requirements of regulatory documents governing occupational safety in the industry are presented. Digital safety control tools implemented at leading enterprises are described. Using the examples of Severstal, MMK and Russian Copper Company, approaches to professional risk management and integration of sustainable development principles into occupational safety are shown. The conclusion is made about the need to combine technical, technological and managerial measures to reduce injuries.

Keywords: occupational safety, metallurgy, professional risks, occupational noise, digital technologies, risk-based approach, sustainable development.

For citation: Vorobinskaya, L. I. Modern Approaches to Occupational Safety in Metallurgy: Risks, Technologies and Management Practices / L. I. Vorobinskaya, N. M. Yaitskova // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 20–26. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_20.

Сведения об авторах

Воробинская Лидия Ивановна

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

Яицкова Наталья Михайловна

Ростовский государственный университет путей сообщения»,
кафедра Безопасность жизнедеятельности,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: yia11@bk.ru

Information about the authors

Vorobinskaya Lidiya Ivanovna

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

Yaitskova Natalia Mikhailovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
e-mail: yia11@bk.ru

А.С. Воронов, В.А. Крутова

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРА

Аннотация. Изложена методика проведения натурных измерений виброакустических характеристик трактора – виброускорений на рабочем месте оператора трактора, а также в наиболее вибрационно нагруженных местах; методика определения эквивалентного уровня шума на рабочем месте оператора трактора для проверки выполнения требований санитарных норм. Приведенная методика позволит верифицировать математические модели распространения вибраций и шума с учетом особенностей конструкции трактора.

Ключевые слова: общая вибрация, локальная вибрация, эквивалентный уровень шума, акселерометры, экспериментальное определение.

Для цитирования: Воронов, А. С. Методика экспериментального определения виброакустических характеристик трактора / А. С. Воронов, В. А. Крутова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 27–31. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_27.

Неотъемлемой частью процесса составления математических моделей распространения виброакустических характеристик различных машин и механизмов является верификация полученных результатов. В рамках исследования распространения вибраций, возникающих при работе тракторов серии К-7 и К-5 (рис.1) были проведены натурные измерения виброакустических характеристик в период с октября 2025 года по февраль 2026 года на испытательной площадке АО «Петербургский тракторный завод» (ПТЗ).



Рис. 1. Трактор К-742М

Для обеспечения статистической достоверности полученных экспериментальных данных проводилось не менее трех измерений на трактор. Основными задачами исследования являлись:

- Измерение шума в процессе работы трактора внутри кабины и вблизи трактора на различных дистанциях с различных сторон для составления картины распространения шума и проверки выполнения критериев ГОСТов и СанПиН;

- Измерение вибрации в ключевых точках – пол сиденье, рулевое колесо, а также опорные узлы трактора;

- Выявление наиболее виброактивных участков в машине;

- Сравнительный анализ полученных экспериментальным путем данных с требованиями, установленными нормативной документацией [1-6];

- Разработка практических мероприятий по снижению вибрации трактора на основе анализа полученных данных.

В процессе измерений применялись следующие шумомеры с микрофонами и вибропреобразователи, представленные в таблице.

Таблица

Используемое оборудование

№	Наименование	Зав. №	Микрофон	Предусилитель
1	Шумомер – анализатор спектра	110096	ВМК-205 зав. № 6918	P200 зав. № 112671
2	Шумомер – анализатор спектра «Октава-110А»	120118	B&K 4133 зав. № 32365	P200 зав. № 154329
3	Шумомер-виброметр, анализатор спектра «Экофизика-110А»	БА170428	ВМК-205 зав. № 5538	P200 зав. № 175187
4	Шумомер-виброметр, анализатор спектра «Экофизика-110А»	БА170427	ВМК-205 зав. № 5942	P200 зав. № 175191

Для измерения общей и локальной вибрации, а также вибрации на опорах были выбраны следующие точки, представленные на рисунке 2.

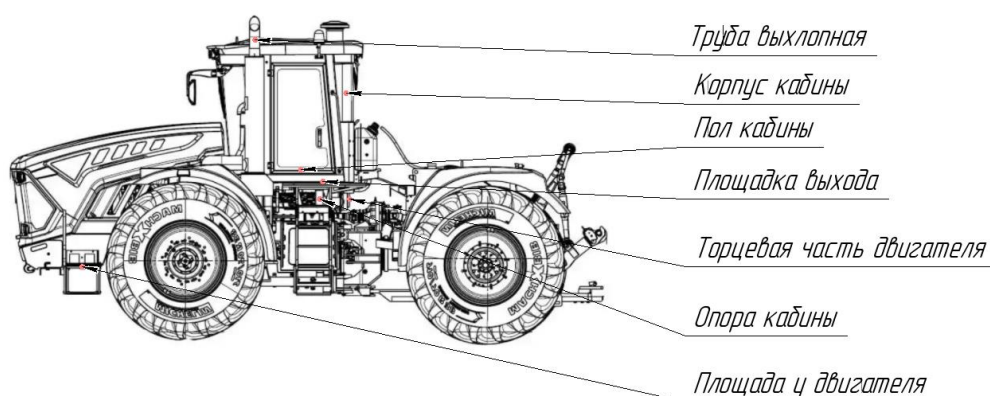


Рис. 2. Схема установки датчиков для измерений на тракторе

Для измерения общей вибрации местами крепления датчиков являлись пол, сиденье оператора трактора (с пневмоподушкой и без нее), а также площадка выхода оператора. Измерения проводились также на холостых и максимальных оборотах.

Локальная вибрация измерялась на рулевом колесе в точках около кистей рук, которые держат руль в обычном положении при управлении машиной, на лестнице у капота двигателя

(с двух сторон), на торцевой части двигателя, а также на корпусе кабины и на выхлопной трубе. При измерении вибрации на опорах кабины (рисунок 3) датчики устанавливались в местах, которые максимально информативны для оценки вибрационной активности машины и состояния ее конструкции, а также как можно ближе к области, где вибрация передается на опору, что позволило получить наиболее точные данные о динамических характеристиках, возникающих при работе трактора.



Рис. 3. Измерение вибраций на опоре кабины трактора

Акселерометры закреплялись с соблюдением стандартов, инструкции производителя и так чтобы они не влияли на измеряемую величину: масса акселерометра вместе с креплением не приводила к существенному изменению вибрации. Резонансная частота закреплённого акселерометра составила не ниже 500 Гц. В связи с тем, что датчики являются трёхкомпонентными датчиков, было проведено одновременное измерение в направлениях X, Y, Z. Перед окончательной установкой датчиков были проведены пробные замеры в нескольких точках, что позволило выбрать наиболее информативные из них. Поскольку трактор работал в разных режимах (при различной нагрузке и скорости), измерения выполнялись для каждого режима отдельно, что занесено в протоколы измерений. Все исследуемые тракторы имели полностью заполненные топливные баки и радиаторы, измерения проводились как со вспомогательными грузами, навесным оборудованием так и без него. Износ протектора шин трактора составлял не более 35 %, а давление находилось в пределах рекомендованного диапазона. Перед началом проведения измерений трактор находился на прогреве не менее 15 минут для достижения рабочих температур всей машины в целом. Далее трактор двигался по ровному испытательному участку на разных скоростях и режимах, скорость варьировалась на 5 км/ч.

Основными параметрами, которые измерялись являлись: среднеквадратичное значение скорректированного виброускорения (м/с^2), виброскорость (мм/с); виброперемещение (мкм); спектральный состав вибрации (в диапазоне 1–1000 Гц).

Измерения шума проводились внутри кабины с выключенным двигателем (для измерения фонового шума), с включенным двигателем на холостых и полных оборотах внутри кабины, на площадке выхода, по периметру от трактора на расстоянии 1-8 метров, около выхлопной трубы, около двигателя с открытым капотом. Также были проведены измерения шума во время движения трактора на 16 режимах работы в скоростном диапазоне от 8 до 35 км/ч.

Уровни звукового давления в кабине трактора К-742М на максимальных оборотах двигателя (1900 об/мин) представлены на рисунке 4.

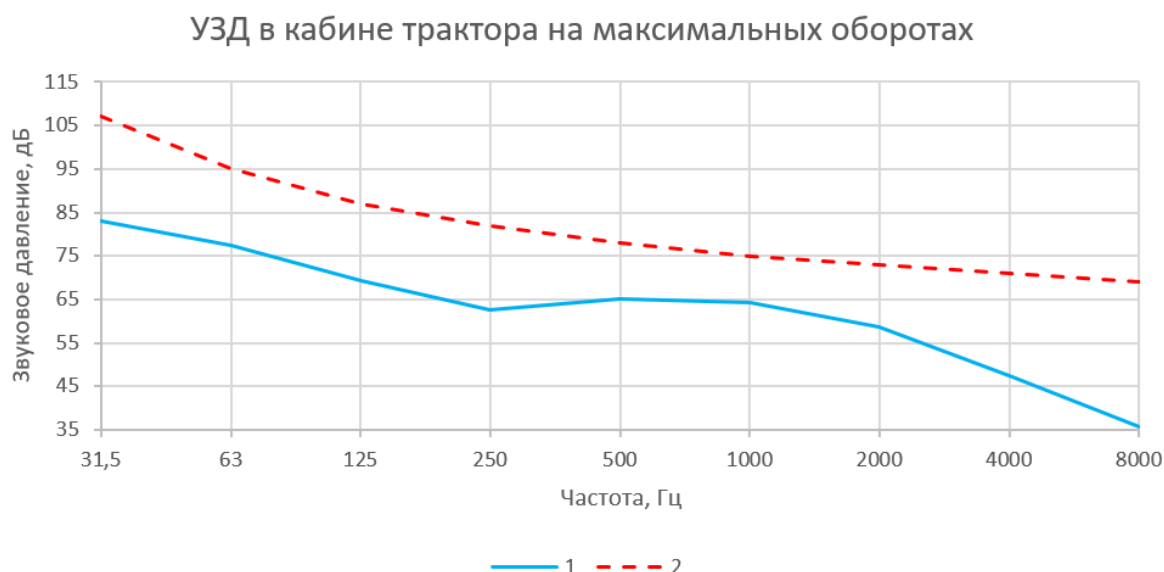


Рис. 4. УЗД в кабине трактора К-742М

Как видно из рисунка 4, уровни звукового давления в кабине трактора К-742М на оборотах двигателя 1900 об/мин не превышают допустимые в соответствии с Санитарными правилами по устройству тракторов и сельскохозяйственных машин [7]. Экспериментально определенный эквивалентный уровень звука составляет 68 дБА, допустимый 80 дБА. Следовательно, на рабочем месте оператора трактора нормы по шуму выполняются.

Список литературы

1. ГОСТ 31193-2004 (ЕН 1032:2003). Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Общие требования: межгосударственный стандарт: издание официальное. – Введ. 2008–07–01. – Москва: Стандартиформ, 2008. – 29 с.
2. ГОСТ 31323-2006 (ИСО 5008:2004). Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Тракторы сельскохозяйственные колесные и машины для полевых работ: межгосударственный стандарт: издание официальное. – Введ. 2008–07–01. – Москва: Стандартиформ, 2008. – 16 с.
3. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования: межгосударственный стандарт: издание официальное. – Введ. 2008–07–01. – Москва: Стандартиформ, 2008. – 23 с.
4. ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997). Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования:

References

1. GOST 31193-2004 (EN 1032:2003). Vibration. Determination of vibration characteristic parameters of self-propelled machines. General requirements: interstate standard: official publication. – Introduced 2008–07–01. – Moscow: Standartinform, 2008. – 29 p.
2. GOST 31323-2006 (ISO 5008:2004). Vibration. Determination of vibration characteristic parameters of self-propelled machines. Agricultural wheeled tractors and machines for field work: interstate standard: official publication. – Introduced 2008–07–01. – Moscow: Standartinform, 2008. – 16 p.
3. GOST 12.1.012-2004. Occupational safety standards system. Vibration safety. General requirements: interstate standard: official edition. – Introduced 2008–07–01. – Moscow: Standartinform, 2008. – 23 p.
4. GOST 31191.1-2004 (ISO 2631-1:1997). Vibration and shock. Measurement of whole-body vibration and assessment of its impact on humans. Part 1. General requirements:

межгосударственный стандарт: издание официальное. – Введ. 2008–07–01. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 26 с.

5. ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001). Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка её воздействия на человека. Часть 1. Общие требования: межгосударственный стандарт: издание официальное. – Введ. 2008–07–01. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 24 с.

interstate standard: official edition. – Introduced 2008–07–01. – Moscow: Standartinform, 2009. – 26 p.

5. GOST 31192.1-2004 (ISO 5349-1:2001). Vibration. Measurement of local vibration and assessment of its impact on humans. Part 1. General requirements: interstate standard: official edition. – Introduced 2008–07–01. – Moscow: Standartinform, 2008. – 24 p.

A.S. Voronov, V.A. Krutova

METHODOLOGY FOR THE EXPERIMENTAL DETERMINATION OF TRACTOR VIBROACOUSTIC CHARACTERISTICS

Abstract. The methodology for conducting field measurements of a tractor's vibroacoustic characteristics is presented – specifically, vibration acceleration at the tractor operator's workplace, as well as in the most vibration-stressed locations. The methodology for determining the equivalent noise level at the operator's workplace and at key points for creating a noise map is also outlined. This methodology will allow for the verification of mathematical models of vibration and noise propagation, taking into account the specific design features of the tractor.

Keywords: whole-body vibration, local vibration, equivalent noise level, accelerometers, experimental determination.

For citation: Voronov, A. S. Methodology for the Experimental Determination of Tractor Vibroacoustic Characteristics / A. S. Voronov, V. A. Krutova // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 27–31. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_27.

Сведения об авторах

Воронов Алексей Сергеевич

Балтийский государственный технический университет «ВОМЕНЕХ» им. Д.Ф. Устинова, кафедра НЗ «Механика деформируемого твердого тела», ассистент, e-mail: voronov_as@voenmeh.ru

Крутова Вероника Александровна

Балтийский государственный технический университет «ВОМЕНЕХ» им. Д.Ф. Устинова, кафедра НЗ «Механика деформируемого твердого тела», доцент, д.т.н., и.о. заведующего кафедрой, e-mail: krutova_va@voenmeh.ru

Information about the authors

Voronov Aleksey Sergeevich

Baltic States Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, Chair of Mechanics of Deformable Solids, Assistant, e-mail: voronov_as@voenmeh.ru

Krutova Veronica Alexandrovna

Baltic States Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, Chair of Mechanics of Deformable Solids, Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Acting Head of the Chair, e-mail: krutova_va@voenmeh.ru

Я.С. Ворошилов, В.П. Сальников, Е.С. Тодорова, А.И. Фомин

НОВЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ФАКТОРОМ

Аннотация. В работе предложен новый подход к управлению человеческим фактором в системе охраны труда, основанный на представлении человеческого фактора как взаимодействия двух сложных нелинейных динамических систем: «свойства человека» и «условия труда». Авторами вводится количественная оценка человеческого фактора через сопоставление фактического комплекса способностей работника (интеллектуальных, сенсорных, защитных, физических) и требуемого комплекса способностей, определяемого условиями труда. Разработана модель личной системы управления охраной труда, являющейся частью системы самоуправления человека и отвечающей за сохранение жизни и здоровья работника. Предложен способ оценки качества этой системы также через разность между фактическими и требуемыми способностями к управлению личными мероприятиями по охране труда. На основе предложенной модели разработана технология непрерывного экспресс-обучения работников непосредственно на производстве, направленная на формирование устойчивых навыков безопасного поведения. Приводится анализ результатов внедрения данной технологии на промышленных предприятиях, показавший снижение травматизма в 1,5–3 раза в течение 1–2 лет. Установлено, что работники с безопасным типом поведения травмируются в 8 раз реже, чем с опасным. Сделан вывод о высокой практической эффективности предложенного подхода как инструмента массового формирования безопасного поведения.

Ключевые слова: человеческий фактор, управление охраной труда, личная система управления охраной труда, профессиональный риск, риск производственного травматизма, безопасное поведение, оценка человеческого фактора, производственный травматизм, непрерывное обучение, экспресс-обучение работников.

Для цитирования: Ворошилов, Я. С. Новый подход к управлению человеческим фактором / Я. С. Ворошилов, В. П. Сальников, Е. С. Тодорова, А. И. Фомин // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – №. 2. – С. 32–41. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_32.

Введение. Устойчивый интерес к «человеческому фактору» (ЧФ) вызван его ведущей ролью в структуре причин производственного травматизма [1, 2]. Если в середине XX века его удельный вес составлял 30–50% [3, 4], то к концу XX – началу XXI века он изменился. Согласно обобщающим материалам Международной организации труда (МОТ), его доля может достигать 90% [5], при этом указанные оценки существенно зависят от методологических подходов к анализу причин происшествий.

Из этого следует, что в последнее время технологиям управления человеческим фактором не уделялось достаточного внимания, а основной упор делался на создание безопасных машин и механизмов.

Многообразие подходов к определению «человеческого фактора» наблюдается практически во всех современных источниках. Показательный пример – обзор Wogalter, Hancock и Dempsey [6], который выявил, что в научных публикациях и ведомственных материалах используется около 200 вариантов определений данного термина, что свидетельствует о его сложности. В определениях встречаются следующие формулировки:

человеческие возможности; взаимодействие между людьми и производственными объектами; информация о физических и психологических характеристиках, о поведении, о способностях, ограничениях и других характеристиках.

Многогранность человеческого фактора порождает множество авторских определений: в зависимости от фокуса внимания, каждый ученый предлагает свою версию, освещая лишь те стороны феномена, которые необходимы в рамках его исследования.

Определения понятия «человеческого фактора». Модель человеческого фактора, предложенная в настоящей работе, базируется на идеях Ворошилова [7], но существенно переосмыслена и расширена авторами. При этом мы сочли необходимым предварительно проанализировать различные определения ЧФ, чтобы выделить те атрибуты человеческого фактора, которые являются устойчивыми и должны лежать в основе любой конструктивной модели:

1. Понятие «человеческий фактор» не означает «сам человек», а характеризует функционирование человека как субъекта деятельности в различных трудовых процессах.

2. Свойства человека - способности осуществлять трудовую деятельность, а также другие свойства человека, которые постоянно или временно обеспечивают существование этих способностей.

3. Свойства движущей силы – импульс, толкающий к действию, который может исходить из какой-либо идеи, чувства, мотива, например, заработать деньги, необходимые для обеспечения жизни.

4. Динамические свойства отражают процесс непрерывного изменения интенсивности взаимодействия человека и условий труда во времени и пространстве.

5. Свойства условий труда – это совокупность характеристик производственной обстановки и трудового процесса, определяющих влияние работы на здоровье и работоспособность работника

6. Свойства ЧФ нанести вред здоровью – возможность нанесения вреда жизни и здоровью работников.

7. Свойства полезности – возможность удовлетворять человеческую потребность в продуктах труда.

8. Свойства измеримости – возможность оценки вероятности ошибочных действий, инцидентов, аварий, несчастных случаев и профессиональных заболеваний.

Данный перечень свойств, которые присущи человеческому фактору, позволяет сформулировать еще одно определение человеческого фактора.

Человеческий фактор – это взаимодействие двух сложных нелинейных динамических систем: «свойства человека» и «условия труда».

Если эти две системы работают скоординировано, то это обеспечивает безопасный труд. Когда же координация даёт сбой, возникают ошибки, происшествия, аварийные ситуации, несчастные случаи и заболевания, связанные с профессией.

Точное математическое моделирование взаимодействия таких сложных динамических систем, с учетом неопределенностей, связанных с непостоянством поведения человека и изменчивостью условий труда, не представляется возможным в рамках существующих методов. Однако построение полуэмпирических моделей возможно и имеет практическую ценность.

Разработка метода оценки человеческого фактора. Необходимым этапом разработки метода оценки человеческого фактора является построение полуэмпирической имитационной модели ЧФ. Данная модель должна быть построена на базе измеримых свойств систем «свойства человека» и «условия труда». На измерении этих свойств будет строиться метод оценки человеческого фактора

В контексте настоящего исследования в качестве измеримых и управляемых свойств человека были выбраны следующие способности человека: интеллектуальные, сенсорные,

защитные и физические. Здесь и далее авторы опираются на тезис, что способности – это свойства человека, позволяющие осуществлять трудовую деятельность.

В данной статье авторы более детально рассматривают выбранные способности человека и обобщают различные определения, которые существуют в настоящее время в охране труда.

1. Интеллектуальные способности – это способности человека активно перерабатывать информацию о состоянии условий труда и, опираясь на знания, навыки и опыт, выбирать необходимые безопасные действия при выполнении работы

2. Сенсорные способности – это способность человека воспринимать сигналы из рабочей среды, при помощи зрения, слуха, обоняния, осязания и т.п.

3. Защитные способности – это сложная многоуровневая система, которая направлена на защиту организма человека от опасных и вредных производственных факторов

4. Физические способности (ФС) – это способности, позволяющие при помощи мускульных усилий осуществлять необходимые трудовые движения, действия и приемы при выполнении работы.

Ядро человеческих способностей – это набор свойств человека, которые обеспечивают существование интеллектуальных, сенсорных, защитных и физических способностей. К таким свойствам можно отнести психические, психофизиологические, анатомические, личностные, социальные и другие свойства человека [8, 9].

Сделанные выводы и обобщения позволили авторам перейти к построению модели человеческого фактора, которая допускает с достаточной точностью описание реального взаимодействия двух сложных нелинейных динамических систем: «свойства человека» и «условия труда».

Каждый человек располагает некоторым комплексом способностей, позволяющих ему выполнять работу. Этот комплекс, который мы обозначаем как Фактический комплекс способностей (ФКС), представляет собой актуальный уровень его способностей по безопасному ведению трудовой деятельности и складывается из интеллектуальных, сенсорных, защитных и физических способностей человека. Поскольку в ходе работы эти способности не остаются неизменными, а непрерывно перестраиваются в ответ на изменения производственной обстановки, ФКС целесообразно трактовать как нелинейную динамическую систему.

Фактический комплекс способностей имитирует «свойства человека».

С другой стороны, трудовой процесс, каждая конкретная работа (профессиональная деятельность) «выдвигают» свой специфический набор требований к способностям работника, которые необходимы для качественного и безопасного выполнения этой работы. Этот набор требований формируется на базе условий труда, в которых протекает трудовой процесс, то есть с учетом всей совокупности меняющихся во времени воздействий на работника опасных и вредных условий труда.

Для каждой профессиональной деятельности существует свой Требуемый комплекс способностей (ТКС) – это система требований к интеллектуальным, сенсорным, защитным и физическим способностям человека, призванная гарантировать качественный и безопасный труд. Важно, что ТКС не может быть раз и навсегда заданным: он является сложной нелинейной динамической системой, поскольку технический прогресс непрерывно порождает новые орудия и технологии, а условия труда никогда не остаются абсолютно стабильными, что в совокупности переопределяет набор требований к работнику.

Авторы считают, что требуемый комплекс способностей имитирует «условия труда».

Основная идея создаваемой имитационной модели человеческого фактора заключается в конкретизации и оценке взаимодействия в системе «свойства человека» – «условия труда» при помощи прямого и непрерывного сравнения фактических и требуемых способностей, что обеспечивает возможность оценки человеческого фактора как качественно, так и количественно.

Тогда оценку человеческого фактора можно осуществить посредством вычисления разности между фактическими и требуемыми способностями человека при помощи следующего арифметического действия:

$$\text{ЧФ} = \text{ФКС} - \text{ТКС} \quad (1)$$

где ЧФ – человеческий фактор;
ТКС – требуемый комплекс способностей;
ФКС – фактический комплекс способностей.

Если $\text{ТКС} > \text{ФКС}$, то $\text{ЧФ} < 0$ – отрицательная величина. Интенсивность сбоев взаимодействия систем «свойства человека» и «условий труда» (вероятность возникновения несчастного случая) превышает требуемый уровень. Человеческий фактор имеет низкий уровень безопасности и может рассматриваться как опасный производственный фактор.

Если $\text{ТКС} \approx \text{ФКС}$, то $\text{ЧФ} \approx 0$ – около нуля. Интенсивность сбоев взаимодействия «свойства человека» и «условий труда» (вероятность возникновения несчастного случая) соответствует требуемому уровню. Человеческий фактор имеет требуемый уровень безопасности.

Если $\text{ТКС} < \text{ФКС}$, то $\text{ЧФ} > 0$ – положительная величина. Интенсивность сбоев взаимодействия «свойства человека» и «условий труда» (вероятность возникновения несчастного случая) ниже требуемого уровня. Человеческий фактор имеет высокий уровень безопасности.

Для сопоставления фактических и требуемых способностей с использованием формулы (1), необходимо проводить оценку по каждой компоненте комплекса способностей. Компоненты ФКС (фактических способностей) могут оцениваться на основе результатов тестирования способностей работников выполнять трудовые обязанности и медицинских заключений о пригодности или непригодности работника к выполнению отдельных видов работ. Компоненты ТКС (требуемых способностей) – на основе анализа условий труда и требований к выполнению конкретных производственных операций.

Процедура оценки может характеризоваться высокой сложностью, однако, при помощи современных компьютерных технологий, искусственного интеллекта и специальных тестов можно оценить весь этот набор способностей одновременно и без значительных трудозатрат.

В рамках данной работы модель человеческого фактора и способ его оценки являются платформой, на базе которой возможна разработка новых и совершенствование известных способов управления человеческим фактором.

Построение модели Личной системы управления охраной труда. Личная (индивидуальная) система управления охраной труда – это неотъемлемый элемент профессиональной деятельности каждого работника. Она сопровождает его на всём протяжении карьеры, выполняя защитную функцию по отношению к производственным угрозам. Исторически эта система возникла в древности и лишь затем, по мере усложнения производства и возникновения общественных потребностей, стали разрабатываться системы управления охраной труда более высокого уровня – корпоративные, национальные и наднациональные

Авторы предлагают следующее определение этой системы управления охраной труда:

Личная система управления охраной труда (Личная система) – это часть общей системы самоуправления человека, которая управляет комплексом личных мероприятий работника, направленных на сохранение его жизни и здоровья.

Функционирование личной системы управления охраной труда проявляется через поведение работника: безопасное (риск низкий и $\text{ЧФ} > 0$), приемлемое (риск средний и $\text{ЧФ} \approx 0$) и опасное (риск высокий и $\text{ЧФ} < 0$).

Анализ данных травматизма показывает, что на данный момент личная система управления охраной труда является ключевым элементом, поскольку именно эта система непосредственно руководит действиями работника в процессе трудовой деятельности, а несовершенства или сбои именно этой системы являются основной причиной производственного травматизма.

В связи с этим разработка методов повышения качества личной системы является одной из первоочередных задач, решение которой позволит существенно снизить травматизм.

Разработка метода оценки качества личной системы управления охраной труда.

Разработку метода оценки качества личной системы управления охраной труда целесообразно начать с построения имитационной модели личной системы управления охраной труда, которая будет базироваться на двух классах измеримых и контролируемых переменных: это, с одной стороны, индивидуальные способности работника (интеллектуальные, сенсорные, защитные и физические), а с другой – производственные условия труда (от оптимальных до опасных).

Исходя из этого, авторы вводят два взаимосвязанных понятия. Во-первых, Фактическая личная система управления охраной труда (ФЛС) – это наличный набор способностей в рамках ФКС, который позволяет работнику управлять реализацией личных мероприятий по охране труда. Во-вторых, Требуемая личная система управления охраной труда (ТЛС) – это нормативный набор требований в рамках ТКС, отражающий, какими способностями работник должен обладать для адекватного управления охраной труда в конкретной производственной обстановке. Обе системы далее рассматриваются как ключевые элементы предлагаемой модели.

Поскольку, как показано выше, все способности управлять измеримы, то в основу способа оценки положена разница между фактическими (ФЛС) и требуемыми (ТЛС) способностями работника управлять личными мероприятиями по охране труда.

На практике оценка сводится к вычислению разности:

$$КЛС = ФЛС - ТЛС \quad (2)$$

где КЛС – уровень качества личной системы управления охраной труда;

ФЛС – это набор имеющихся интеллектуальных, сенсорных, защитных и физических способностей, который позволяет работнику управлять личными мероприятиями по охране труда в соответствии с условиями труда.

ТЛС – это набор требований к способностям работника, которые необходимы для качественного управления личными мероприятиями по охране труда в соответствии с условиями труда.

Оценка КЛС с использованием формулы (2) дает следующие результаты.

Если $ТЛС > ФЛС$, то $КЛС < 0$ – КЛС отрицательная величина, и интенсивность сбоев взаимодействия «свойства человека» и «условий труда» велика. В этом случае личная система управления охраной труда не справляется со своей функцией, а вероятность возникновения несчастного случая превышает требуемый уровень возникновения несчастных случаев. Низкое качество личной системы (ЛС) приводит к опасному поведению работника и $ЧФ < 0$.

Если $ТЛС \approx ФЛС$, то $КЛС \approx 0$ – нейтральная величина, и интенсивность сбоев взаимодействия «свойства человека» и «условий труда» является приемлемой. Действия работника по управлению личными мероприятиями по охране труда являются приемлемыми, а вероятность возникновения несчастных случаев отвечает требуемому уровню. Качество ЛС обеспечивает требуемое поведение работника и $ЧФ \approx 0$.

Если $ТЛС < ФЛС$, то $КЛС > 0$ – положительная величина, и интенсивность сбоев взаимодействия «свойства человека» и «условий труда» низкая. Действия работника по управлению личными мероприятиями по охране труда обеспечивают качественное и

безопасное выполнение работы, а вероятность возникновения несчастных случаев ниже требуемого уровня возникновения несчастных случаев. Качество ЛС обеспечивает безопасное поведение работника и $ЧФ > 0$.

Подчеркнем, что существование способностей работника в данном случае управлять личными мероприятиями по охране труда обеспечивается Ядром человеческих способностей.

С одной стороны, предложенная модель Личной системы, как, впрочем, и любая другая подобная модель, является упрощённым вариантом реального управления работником комплексом личных мероприятий по охране труда. С другой стороны, если эта модель достаточно полно описывает процедуру управления и позволяет измерять качество этого управления, то на базе этой модели можно разработать методы и способы формирования и поддержания безопасного поведения на высоком уровне работника.

Технология формирования безопасного поведения работников. Предложенная модель личной системы управления охраной труда, позволяет сформировать целевую программу формирования безопасного поведения работников при помощи обучения. В основу реализации такой программы по мнению авторов разумнее всего положить массовое обучение работников практическим методам и приемам управления комплексом личных мероприятий по охране труда.

Здесь следует отметить, что существуют две проблемы, обусловленные свойствами человека, которые не имеют решения при помощи традиционных подходов [10, 11] к обучению работников по охране труда:

1. Быстрое забывание учебного материала [12]. Примерно через месяц, в зависимости от качества обучения, забывается 60-80% полученного материала, связанного с управлением личными мероприятиями по охране труда. Например, если работник долгое время трудится без происшествий, он начинает забывать требования охраны труда поскольку для работника они перестают быть важными. Это самая частая причина игнорирования требований охраны труда.

2. Вследствие краткости курса обучения у работника не успевают сформироваться даже первичные навыки безопасного поведения – доведённые до автоматизма действия работника, которые направлены на предотвращение угрозы жизни, здоровью, а также на исключение аварий и инцидентов в процессе труда.

На взгляд авторов, решением этих проблем является непрерывное обучение работников без отрыва от производства, которое в должной мере учитывает психические, психофизиологические, и другие свойства человека. В основу такого непрерывного обучения должен быть положен риск-ориентированный подход, при котором у работников закладываются прочные знания, навыки и опыт по выполнению наиболее важных личных мероприятий по охране труда:

- идентификация различных опасностей, свойственных условиям труда;
- оценка потенциальных рисков и тяжести последствий от реализации опасности;
- использование безопасных приёмов и методов выполнения работы.

Подчеркнем, что непрерывное обучение не заменяет обязательные инструктажи и обучение по охране труда, а значительно усиливает их эффект, превращая обучение охране труда из периодической процедуры в ежедневный инструмент профилактики опасного поведения.

Примером реализации такого подхода является «Видеоинформационный комплекс оценки и управления профессиональными рисками травматизма» (Комплекс).

Цифровой формат обучения, реализованный в Комплексе, позволяет проводить массовое предсменное экспресс-обучение работников с длительностью каждого экспресс-урока не более одной минуты. В ходе непрерывного экспресс-обучения каждый работник последовательно решает краткие ситуационные задачи, моделирующие различные реальные производственные опасности. Благодаря этому у него постепенно формируются и

закрепляются практические навыки выявления опасных факторов, оценки, связанных с ними рисков и безопасного осуществления трудовых операций. По результатам обучения происходит оценка уровня безопасности поведения каждого работника, и при необходимости в автоматическом режиме включается программа его дополнительного обучения. Цифровой формат позволяет организовать экспресс-обучение работников по индивидуальной программе, с учетом реальных условий труда на их рабочих местах.

Данные по результатам экспресс-обучения представляются в виде разнообразных отчетов, анализ которых позволяет специалистам по охране труда выявлять проблемные учебные темы, повторяющиеся ошибки и группы работников, которым требуется дополнительное внимание. При необходимости специалисты могут самостоятельно запускать целевые программы экспресс-обучения для этих работников.

Пятнадцатилетний опыт работы показал, что непрерывное экспресс-обучение особенно эффективно на промышленных предприятиях с повышенными рисками травматизма, сменным или вахтовым режимом работы, большим количеством работников и высокой текучестью кадров.

Обобщение опубликованных [13, 14], а также свежих экспериментальных данных, которые получены с предприятий, где внедрено непрерывного экспресс-обучение, позволило установить:

- работники с безопасным уровнем поведения травмируются в 8 раз реже, чем работники с опасным поведением;
- непрерывное экспресс-обучение снижает травматизм на предприятии в 1,5–3 раза в течение 1–2 лет;
- специальные программы экспресс-обучения для работников с малым трудовым стажем и вахтовым персоналом обеспечивают заметный результат в снижении травматизма уже через 5–7 месяцев.

Таким образом можно считать, что несмотря на все упрощения предложенная модель Личной системы, послужила надежной теоретической основой для создания эффективной технологии непрерывного формирования у работников безопасного поведения. В пользу этого мнения говорит значимое снижение травматизма на предприятиях, где используются технологии экспресс-обучения работников.

В настоящее время большинство предприятий сосредоточено, и их результаты впечатляют, на создании безопасных условий труда - производственный травматизм значительно меньше, чем бытовой. В тоже время, реализация мероприятий по непрерывному экспресс-обучению работников дополняет эту работу и обеспечивает синергетический эффект, значительно повышая эффективность формирования безопасного поведения.

Заключение. Проведено исследование, направленное на разработку нового подхода к управлению человеческим фактором в системе охраны труда. Установлено, что человеческий фактор можно определить, как взаимодействие двух сложных нелинейных динамических систем: «свойства человека» и «условия труда».

Развивая данный подход к человеческому фактору, авторы разработали модель личной системы управления охраной труда, которая является частью общей системы самоуправления человека и отвечает за управление комплексом личных мероприятий по охране труда.

Модель Личной системы управления охраной труда послужила надежной теоретической основой для создания эффективной технологии непрерывного формирования у работников безопасного поведения.

На предприятиях, где внедрено непрерывное экспресс-обучение, наблюдается значимое снижение травматизма, что является весомым аргументом, подтверждающим эффективность данного подхода к массовому формированию безопасного поведения у работников.

Список литературы

1. **Reason, J.** Human Error. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
2. **Hollnagel, E.** Human Factors/Ergonomics as a Systems Discipline? // Applied Ergonomics. 2014. Vol. 45, no. 1. P. 40–44.
3. **Heinrich, H. W.** Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach. New York : McGraw-Hill, 1931.
4. **Либерман, А. Н.** Техногенная безопасность: человеческий фактор. Санкт-Петербург : Новый век, 2006. 103, [1] с. Библиогр.: с. 93–104. ISBN 5-7451-0085-0.
5. ILOSTAT Database: Occupational Injuries Statistics / International Labour Organization. Geneva : International Labour Office, 2024.
6. **Wogalter M. S., Hancock P. A., Dempsey P. G.** On the Description and Definition of Human Factors/Ergonomics // Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. 1998. Vol. 42, no. 10. P. 671–674. DOI: 10.1177/154193129804201001.
7. **Ворошилов, Я. С.** Научное обоснование и разработка технических решений по контролю пылевой обстановки в горных выработках угольных шахт с учетом человеческого фактора : докторская диссертация. Кемерово : Научный центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли, 2020.
8. **Павлов, И. П.** Лекции о работе больших полушарий головного мозга. Ленинград : Издательство Академии наук СССР, 1949. 483 с.
9. **Ухтомский, А. А.** Доминанта. Москва ; Ленинград : Наука, 1966. С. 5–120.
10. Правила обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда : утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2021 г. № 2464 : в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2022 г. № 2540.
11. **Елин А. М., Соколова А. С.** Особенности обучения работников охране труда в условиях современной экономики // Социально-трудовые исследования. 2024. Т. 55, № 2. С. 62–77. DOI: 10.34022/2658-3712-2024-55-2-62-77.

References

1. **Reason, J.** Human Error. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
2. **Hollnagel, E.** Human Factors/Ergonomics as a Systems Discipline? // Applied Ergonomics. 2014. Vol. 45, no. 1. P. 40–44.
3. **Heinrich, H. W.** Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach. New York : McGraw-Hill, 1931.
4. **Liberman, A. N.** Technogenic safety: the human factor. St. Petersburg: Novy Vek, 2006. 103, [1] p. Bibliography: pp. 93–104. ISBN 5-7451-0085-0.
5. ILOSTAT Database: Occupational Injuries Statistics / International Labour Organization. Geneva : International Labour Office, 2024.
6. **Wogalter M. S., Hancock P. A., Dempsey P. G.** On the Description and Definition of Human Factors/Ergonomics // Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. 1998. Vol. 42, no. 10. P. 671–674. DOI: 10.1177/154193129804201001.
7. **Voroshilov, Ya. S.** Scientific substantiation and development of technical solutions for monitoring the dust environment in coal mine workings, taking into account the human factor: doctoral dissertation. Kemerovo: VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety in the Mining Industry, 2020.
8. **Pavlov, I. P.** Lectures on the work of the cerebral hemispheres. Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1949. 483 p.
9. **Ukhtomsky, A. A.** Dominant. Moscow; Leningrad: Nauka, 1966. pp. 5–120.
10. Rules for training in labor protection and testing knowledge of labor protection requirements: approved by Decree of the Government of the Russian Federation of December 24, 2021 No. 2464: as amended by Decree of the Government of the Russian Federation of December 30, 2022 No. 2540.
11. **Elin A. M., Sokolova A. S.** Features of training employees in labor protection in the conditions of the modern economy // Social and labor research. 2024. Vol. 55, No. 2. Pp. 62–77. DOI: 10.34022/2658-3712-2024-55-2-62-77.

12. **Ebbinghaus, H.** Memory: A Contribution to Experimental Psychology / translated by H. A. Ruger, C. E. Bussenius. New York : Teachers College, Columbia University, 1913. Originally published in 1885.

13. Краткий анализ производственного травматизма с учетом человеческого фактора на производственных единицах АО «СУЭК-Кузбасс» / Ю. М. Иванов [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2017. № 2. С. 79–83.

14. **Лисовский В. В., Иванов Ю. М., Ворошилов А. С., Седельников Г. Е., Ли Х. У.** Практическое использование методики количественной оценки рисков травматизма «Вредность – Вред – Риск» (ВВР) на примере АО «СУЭК-Кузбасс» // Уголь. 2018. № 12. С. 41–46.

12. **Ebbinghaus, H.** Memory: A Contribution to Experimental Psychology / translated by H. A. Ruger, C. E. Bussenius. New York : Teachers College, Columbia University, 1913. Originally published in 1885.

13. Brief analysis of industrial injuries taking into account the human factor at production units of JSC SUEK-Kuzbass / Yu. M. Ivanov [et al.] // Occupational safety in industry. 2017. No. 2. pp. 79–83.

14. **Lisovsky V. V., Ivanov Yu. M., Voroshilov A. S., Sedelnikov G. E., Li H. W.** Practical use of the methodology for quantitative assessment of injury risks “Harmfulness – Harm – Risk” (HHR) using the example of JSC SUEK-Kuzbass // Ugol. 2018. No. 12. pp. 41–46.

Ya.S. Voroshilov, V.P. Salnikov, E.S. Todorova, A.I. Fomin

A NEW APPROACH TO HUMAN FACTORS MANAGEMENT

Abstract. This paper proposes a new approach to managing the human factor within an occupational safety management system. The approach is based on viewing the human factor as the interaction between two complex nonlinear dynamic systems: “human characteristics” and “working conditions.” The authors introduce a quantitative assessment of the human factor by comparing the worker’s actual set of abilities–intellectual, sensory, protective, and physical–with the required set of abilities determined by the working conditions.

A model of a personal occupational safety management system has been developed. This system forms part of an individual’s self-management system and is responsible for preserving the worker’s life and health. A method for assessing the effectiveness of this system is also proposed, based on the difference between the actual and required abilities to manage personal occupational safety measures.

Based on the proposed model, a technology for continuous rapid workplace training has been developed. It is aimed at forming sustainable safe-behavior skills among workers. The paper presents an analysis of the results of implementing this technology at industrial enterprises, which demonstrated a 1.5- to 3-fold reduction in occupational injuries over a period of one to two years. It was established that workers displaying a safe type of behavior experience occupational injuries eight times less frequently than those displaying unsafe behavior. The authors conclude that the proposed approach is highly effective in practice as a tool for the large-scale development of safe behavior.

Keywords: human factor, occupational safety management, personal occupational safety management system, occupational risk, occupational injury risk, safe behavior, human factor assessment, occupational injuries, continuous training, rapid workplace training.

For citation: Voroshilov, Ya. S. A New Approach to Human Factors Management / Ya. S. Voroshilov, V. P. Salnikov, E. S. Todorova, A. I. Fomin // Trudy Rostovskogo

gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 32–41. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_32.

Сведения об авторах**Ворошилов Ярослав Сергеевич**

Кузбасс-ЦОТ,

доктор технических наук,

e-mail: yaroslav.voroshilov@gmail.com

Сальников Валерий Павлович

Кузбасс-ЦОТ,

руководитель группы разработки ПО

Тодорова Евгения Сергеевна

Кузбасс-ЦОТ,

руководитель аналитической группы

Фомин Анатолий ИосифовичКузбасский государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева,

доктор технических наук, профессор

e-mail: fominai@kuzstu.ru

Information about the authors**Voroshilov Yaroslav Sergeevich**

Kuzbass-COT,

Doctor of Technical Sciences,

e-mail: yaroslav.voroshilov@gmail.com

Salnikov Valeriy Pavlovich

Kuzbass-COT,

Head of Software Development Group

Todorova Evgeniya Sergeevna

Kuzbass-COT,

Head of the Analytical Group

Fomin Anatoliy IosifovichKuzbass State Technical University named
after T.F. Gorbachev,

Doctor of Technical Sciences, Professor

e-mail: fominai@kuzstu.ru

Т.К. Долгополова., М.В. Белавкина

ВЕСТИБУЛЯРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ КАК ФАКТОР КАЧЕСТВА ЖИЗНИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ ЖЕНЩИН ВТОРОГО ЗРЕЛОГО ВОЗРАСТА

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы вестибулярной устойчивости как одного из составляющих качества жизни и основы профессионального долголетия женщин второго зрелого возраста. Обсуждаются факторы и проявления снижения координационных способностей. Определяются подходы к построению занятий с женщинами выбранной возрастной группы для сохранения функциональных показателей.

Ключевые слова: женщины второго зрелого возраста, вестибулярная устойчивость, адаптация, оздоровительные программы, аэробика, профессиональное долголетие, качество жизни.

Для цитирования: Долгополова, Т. К. Вестибулярная устойчивость как фактор качества жизни и профессионального долголетия женщин второго зрелого возраста / Т. К. Долгополова, М. В. Белавкина // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 42–49. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_42.

Актуальность. Прогнозы демографов определяют тенденцию роста в мире численности людей старшей возрастной группы, что характерно и для Российской Федерации [1, 2]. В социально-экономическом плане это указывает на необходимость пересмотра вопроса трудовых отношений и продления профессионального долголетия. Особую важность представляет организация оздоровительной работы с женщинами второго зрелого возраста, что объясняется их превалированием в структуре верхних этажей демографической пирамиды.

Цель работы. Определить факторы риска, связанные с возрастными нарушениями вестибулярной устойчивости. Рассмотреть основы построения оздоровительных программ занятий с женщинами второго зрелого возраста, направленных на поддержание выбранного показателя, как одного из важнейших факторов сохранения качества жизни и профессионального долголетия.

Результаты исследования. Под вестибулярной устойчивостью обычно понимают способность человека сохранять равновесие и точность движений при воздействии раздражителей вестибулярного аппарата, а также после прекращения такой стимуляции [3]. В более широком смысле это характеристика, отражающая, насколько организм способен переносить различные виды ускорений и перемещений без выраженного дискомфорта, нарушения координации и вегетативных реакций [2, 4]. С функциональной точки зрения вестибулярная устойчивость отражает степень восприимчивости организма к вестибулярным нагрузкам и способность эффективно компенсировать возникающие сенсорные конфликты [4, 5]. Чем выше показатель, тем более сложные по координации двигательные задания человек может выполнять, сохраняя точность движений и стабильность позы.

Для женщин второго зрелого возраста показатель вестибулярной устойчивости непосредственно связан с качеством повседневной жизни: сохранение устойчивой походки, способности безопасно передвигаться по лестницам, ориентироваться в транспорте.

Снижение качества функции равновесия проявляется не только в виде головокружений, но и в нарастании страха падения, избегании координационно сложных действий. Это может

приводить к ограничению подвижности, сокращению круга социальных и профессиональных контактов, а также ухудшению эмоционального состояния. Это в целом сказывается на способности поддерживать профессиональную активность на протяжении длительного времени. Качественный показатель вестибулярной устойчивости связан с профессиями, в которых требуется постоянное поддержание вертикального положения тела, частых перемещений по пространству и быстрой адаптации к изменяющимся внешним условиям [4, 6]. В работе педагогов, медицинских работников, продавцов, работников сферы услуг и представителей других профессий постоянно присутствуют факторы, предъявляющие повышенные требования к системе равновесия. Им приходится быстро поворачиваться к собеседнику, наблюдать за несколькими объектами одновременно, передвигаться по ограниченному или загромождённому пространствам, подниматься и спускаться по лестницам, работать в условиях шумной и визуально насыщенной среды.

Выделяют различные проявления вестибулярной устойчивости, их значение для анализа двигательной активности в контексте подбора средств и основы построения оздоровительных программ (таблица).

Таблица

Аспекты вестибулярной устойчивости и их проявление

Аспекты вестибулярной устойчивости	Значение для анализа двигательной деятельности и построения тренировочных программ
Статическая устойчивость	Способность сохранять устойчивое положение тела при неподвижной опоре. Данный показатель выявляет уровень постурального контроля в условиях относительного покоя и часто оценивается с помощью проб Ромберга и стабилометрических измерений
Динамическая устойчивость	Способность поддерживать равновесие во время передвижения и при выполнении сложных координационных действий (ходьба, повороты, прыжки, вращения). Она проявляется в умении сохранять контролирующую функцию центра тяжести тела при условии его постоянного смещения. Этот аспект особенно важен при построении аэробных программах
Вестибуло-вегетативная устойчивость	Данный вид проявляет уровень вегетативных реакций, таких как повышенная потливость, изменение артериального давления, ЧСС. Качественный уровень данного проявления вестибулярной устойчивости обеспечивает выполнение упражнений с выраженным вестибулярным компонентом без выраженного дискомфорта и снижения работоспособности
Нейромышечная устойчивость	Способность нервно-мышечной системы быстро и адекватно реагировать на изменения положения тела, обеспечивая необходимую коррекцию позы.

Для женщин данного возрастного этапа характерны следующие тенденции: снижение уровня эстрогенов, изменение липидного и углеводного обмена, повышение риска сосудистых нарушений, постепенное уменьшение минеральной плотности костной ткани, снижение эластичности связок и мышц, изменение реакции на физические и психоэмоциональные нагрузки [7]. Эти факторы в совокупности отражаются на состоянии вестибулярного анализатора и эффективности функционирования систем постурального контроля.

Возрастные изменения вестибулярного аппарата у женщин зрелого возраста затрагивают как периферическое звено (структуры внутреннего уха), так и проводящие пути, и центральные отделы вестибулярного анализатора. На периферическом уровне отмечают

постепенные инволютивные изменения рецепторного аппарата полукружных каналов и отолитового аппарата. По данным морфологических исследований, с возрастом наблюдается уменьшение количества и изменение морфологии волосковых клеток, накопление дегенеративных изменений в поддерживающих клетках, снижение эластичности отолитовой мембраны [8]. Это приводит к повышению порогов чувствительности вестибулярных рецепторов к угловым и линейным ускорениям и, как следствие, к некоторому снижению точности восприятия движения и положения головы в пространстве.

Дополнительный вклад в возрастные изменения вестибулярного аппарата вносит состояние сосудистого русла внутреннего уха. У женщин зрелого возраста на фоне общего атеросклеротического процесса и артериальной гипертензии возможно ухудшение микроциркуляции в лабиринте, что создаёт предпосылки для возникновения головокружений, неустойчивости, чувства «тумана в голове». Эти эпизоды нередко усиливаются на фоне климактерического синдрома.

На уровне проводникового отдела с возрастом часто происходит снижение скорости проведения возбуждения по нервным волокнам [7]. Это обуславливает замедление передачи сенсорной информации от периферического рецепторного аппарата к центральным структурам и увеличивает латентность вестибулярных рефлексов.

Центральные отделы вестибулярной системы (вестибулярные ядра ствола мозга, мозжечок, корковые зоны) также претерпевают возрастные изменения. Отмечается уменьшение количества нейронов, снижение плотности синаптических контактов, изменение баланса тормозных и возбуждающих влияний в соответствующих структурах.

Важную роль для данной возрастной группы играет наступление климактерического периода. Эстрогены играют существенную роль в поддержании метаболизма нейронов, состоянии сосудистой стенки, микроциркуляции и антиоксидантной защите. Их дефицит ухудшает кровоснабжение центральной нервной системы, способствует развитию эндотелиальной дисфункции и повышению риска микроангиопатий. В отношении вестибулярной системы это может проявляться повышенной лабильностью сосудов внутреннего уха, склонностью к транзиторным ишемическим эпизодам в области лабиринта и вестибулярных ядер ствола мозга, что клинически выражается в виде эпизодического головокружения, неустойчивости походки, чувства «покачивания» при ходьбе.

Изменения вегетативной регуляции в климактерическом периоде (приливы, колебания артериального давления, сердечные аритмии, повышенная потливость) также модифицируют реакцию организма на вестибулярные стимулы. У ряда женщин отмечается снижение вестибуло-вегетативной устойчивости: при относительно умеренных поворотах и наклонах головы, изменении положения тела в пространстве возникает тошнота, головокружение, чувство внутреннего дискомфорта, усиливающее тревожность и формирующее избегающее поведение в отношении координационно сложных движений [7].

Кроме того, гормональная перестройка часто сопровождается изменениями психоэмоционального фона: повышенной тревожностью, склонностью к депрессивным реакциям, нарушениями сна. Это косвенно влияет на восприятие вестибулярных ощущений и их переносимость.

С возрастом происходит некоторое замедление проведения возбуждения по афферентным и эфферентным нервным волокнам, увеличивается время центральной обработки сенсорной информации и программирования двигательного ответа. Это приводит к удлинению латентности постуральных реакций и снижению скорости формирования корректирующих движений при нарушении равновесия. Для женщин зрелого возраста это может выражаться в более медленном реагировании на неожиданные изменения опоры (скользкая поверхность, неровности), запаздывании ответных шагов или изменении позы.

Кроме того, возрастные изменения опорно-двигательного аппарата (остеохондроз, артроз крупных суставов, снижение эластичности связок, ухудшение состояния стоп – плоскостопие, деформации пальцев) приводят к ухудшению механических свойств опорной

базы [7]. Это затрудняет точную оценку положения тела в пространстве и усложняет реализацию быстрого и адекватного коррекционного моторного ответа. В этих условиях возрастает роль зрительной информации, а также значимость тренированного вестибулярного анализатора как фактора компенсации. У лиц среднего и старшего возраста при закрытых глазах или в условиях ограничения зрительной информации величина колебаний центра давления на опору и риск потери равновесия существенно возрастают [87].

У женщин зрелого возраста это проявляется усилением неуверенности при выполнении движений на баланс с закрытыми глазами, при плохом освещении, а также при движениях назад и в сторону, когда визуальный контроль за опорой и траекторией движений затруднён. Нередко на этом фоне формируется страх падения, который сам по себе является значимым фактором снижения двигательной активности. Женщина начинает ограничивать свою повседневную подвижность, избегает ведения активного образа жизни, отказывается от занятий физической культурой или выбирает исключительно монотонные, малокоординационные виды активности (медленная ходьба, простая гимнастика без поворотов и наклонов). Снижение вестибулярной устойчивости у женщин второго зрелого возраста тесно связано с риском падений и травм, особенно при наличии остеопороза и сопутствующих заболеваний (гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет). Падения в этом возрасте могут приводить к тяжёлым последствиям – переломам шейки бедра, позвонков, лучевой кости, черепно-мозговым травмам. Поэтому своевременное выявление снижения вестибулярной устойчивости и её целенаправленная коррекция с использованием физических упражнений, в том числе аэробики, имеют важное профилактическое и реабилитационное значение [9, 10].

Снижение вестибулярной устойчивости у женщин обозначенной возрастной группы имеет ряд типичных клинических и субъективных проявлений, которые в той или иной степени отражаются на их профессиональном долголетии.

К наиболее распространённым относятся следующие проявления: (рисунок 1).

В результате запускается «порочный круг»: снижение физической активности ускоряет возрастные изменения мышечной, сердечно-сосудистой и нервной систем, что ещё больше усугубляет нарушения равновесия и вестибулярной устойчивости.

Вместе с тем многие исследователи подчеркивают, что зрелый возраст не является синонимом старости: при достаточной двигательной активности и рациональном образе жизни сохраняются высокие функциональные резервы сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и мышечной систем [8].

Основанием построения работы с женщинами зрелого возраста по сохранению вестибулярной устойчивости является способность системы к адаптации посредством регулярного воздействия повторяющихся вестибулярных стимулов. При подборе программ необходимо использовать разнообразные вращения, ускорения, изменения положения тела. В результате отмечается снижение негативных вегетативных реакций с одновременным улучшением точности и скорости постуральных ответов. При этом важно постепенно усложнять задания в контексте усиления мультисенсорных требований, что может быть связано с изменением направления движений, работой в разных плоскостях, а также выполнение движений с открытыми и закрытыми глазами.

Одним из наиболее доступных и эффективных способов поддержания профессионального и личного долголетия женщин второго зрелого возраста, в том числе за счет целенаправленного совершенствования вестибулярной устойчивости, являются занятия аэробикой [11].

Выбранный вид активности сочетает ритмическую нагрузку на сердечно-сосудистую и дыхательную системы с координационно сложными двигательными заданиями: поворотами, изменением направления движения, перемещением вперед, назад и в стороны, изменением уровня центра тяжести, периодическим сужением опорной площади. Всё это создаёт мягкие, но регулярные вестибулярные раздражения, которые при грамотном дозировании

способствуют тренировке вестибулярного анализатора, улучшению статического и динамического равновесия, повышению точности и скорости постуральных реакций.

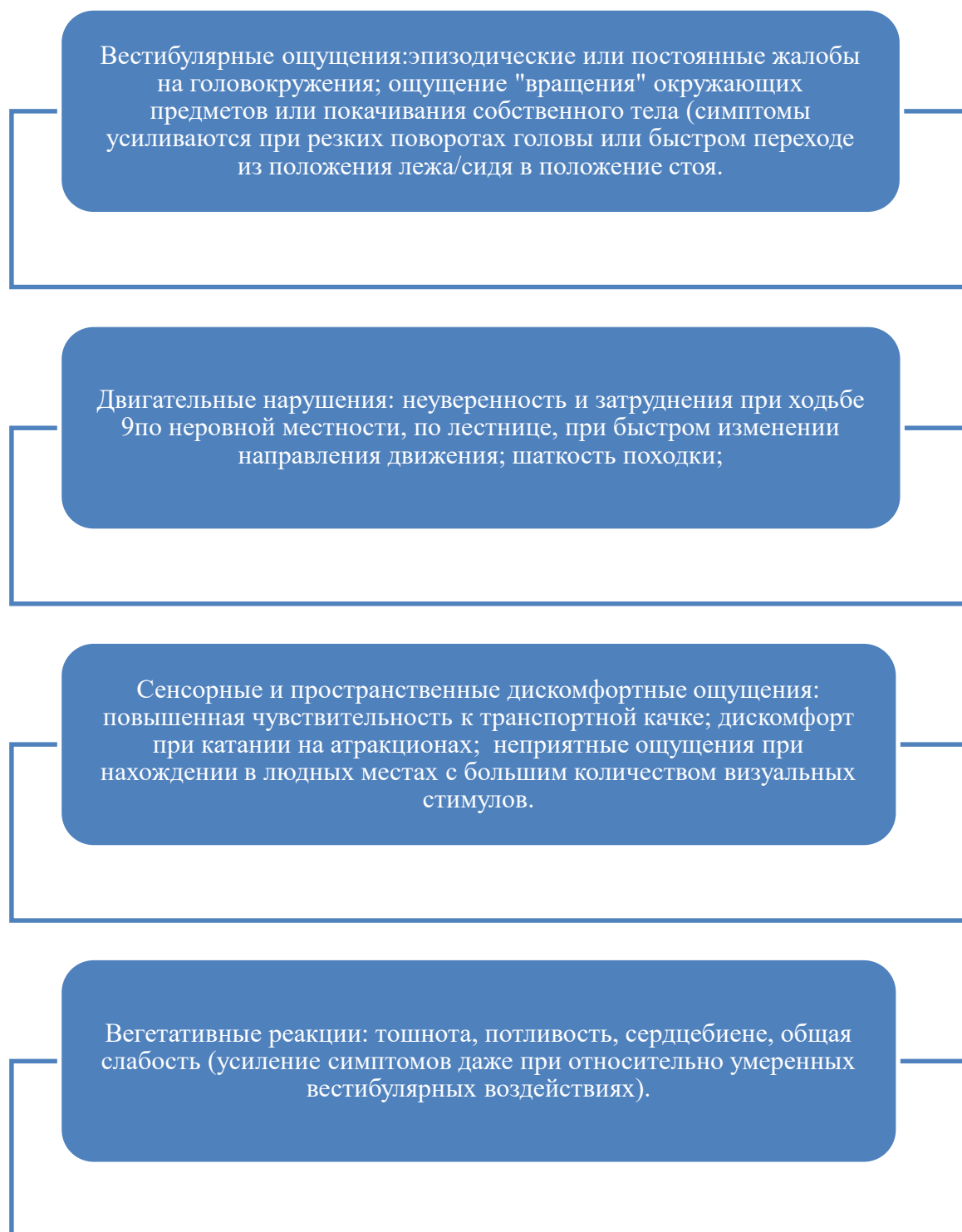


Рис. 1. Проявления снижения вестибулярной устойчивости у женщин зрелого возраста по материалам литературных источников

Заключение. Возрастные изменения в работе вестибулярного аппарата носят объективный характер, однако правильно организованная работа, основанная на понимании протекания процессов и возможности противостоять им посредством двигательной

активности, может способствовать нивелированию негативных тенденций. Это, в свою очередь, снижает риск падений и травм в быту и на рабочем месте, уменьшает выраженность головокружений и вегетативного дискомфорта, укрепляет уверенность женщины в собственных двигательных возможностях. На профессиональном уровне хорошая вестибулярная устойчивость облегчает выполнение трудовой деятельности, связанной с длительным пребыванием «на ногах» и частыми перемещениями, способствует сохранению работоспособности и предотвращает преждевременный отказ от активной занятости. В личной сфере улучшение равновесия и координации позволяет дольше сохранять самостоятельность в повседневной жизни, поддерживать привычный уровень социальной активности и физической подвижности, что в комплексе является важной предпосылкой продления периода активного, качественного долголетия [12].

Список литературы

1. **Белавкина, М. В.** Повышение пенсионного возраста и проблема сохранения здоровья работающего населения / М. В. Белавкина, Д. С. Лысенко, С. Л. Асланян // Успехи геронтологии. - 2022. - Т. 35, № 4. - С. 584.
2. **Лысенко, А. В.** Работоспособность пожилых преподавателей вуза при сочетанном влиянии дыхательных упражнений и пептидного биорегулятора «кортексин» / А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко, Л. Г. Буйнов, Л. А. Сорокина // Успехи геронтологии. – 2020. – Т. 33, №2. – С. 307 – 312. DOI: 10.34922/AE.2020.33.2.012
3. **Григорьев С. А., Косачев А. А.** Физическая культура. Развитие функции равновесия тела: Учеб.-метод. пособие. - СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. - 41 с.
4. **Лысенко, А. В.** Исследование сочетанного влияния тренировок мышц шеи и электротранквилизации центральной нервной системы на статокINETическую устойчивость операторов скоростных динамических объектов / А. В. Лысенко, Т. А. Степанова, Л. Г. Буйнов, Л. А. Сорокина // Теория и практика физической культуры. – 2018. - №10. – С. 19 – 21.
5. **Стрелец, В. Г.** Теория и практика управления вестибулярными реакциями человека в спорте и профессиональной деятельности / В. Г. Стрелец – Санкт-Петербург.: ВИФК, 2017. – С. 72-83
6. **Назаренко, А. С.** Физиологические механизмы регуляции статического

References

1. **Belavkina, M. V.** Raising the retirement age and the problem of maintaining the health of the working population / M.V. Belavkina, D.S. Lysenko, S.L. Aslanyan // Advances in Gerontology. - 2022. - Vol. 35, No. 4. - P. 584.
2. **Lysenko, A. V.** Performance of elderly university teachers under the combined influence of breathing exercises and the peptide bioregulator "cortexin" / A.V. Lysenko, D. S. Lysenko, L. G. Buynov, L. A. Sorokina // Advances in Gerontology. - 2020. - Vol. 33, No. 2. – P. 307 – 312. DOI: 10.34922/AE.2020.33.2.012
3. **Grigoriev S. A., Kosachev A. A.** Physical Education. Development of the Body Balance Function: Textbook. - St. Petersburg: National Research University ITMO; Institute of Chemical Technology, Biochemistry and Biotechnology, 2013. - 41 p.
4. **Lysenko, A.V.** Study of the Combined Effect of Neck Muscle Training and Central Nervous System Electrotranquilization on the Statokinetic Stability of Operators of High-Speed Dynamic Objects / A. V. Lysenko, T. A. Stepanova, L. G. Buynov, L. A. Sorokina // Theory and Practice of Physical Education. - 2018. - No. 10. - P. 19 – 21.
5. **Strelets, V. G.** Theory and Practice of Controlling Human Vestibular Reactions in Sports and Professional Activities / V. G. Strelets - St. Petersburg: VIFK, 2017. - Pp. 72-83
6. **Nazarenko, A. S.** Physiological Mechanisms of Regulation of Static Balance of

равновесия тела у спортсменов различных специализаций / А. С. Назаренко, А. С. Чинкин // Наука и спорт: современные тенденции. 2015. №1. С. 19-23.

7. **Придворова, Т. К.** Правила безопасности при составлении оздоровительных комплексов аквааэробики для продления профессионального долголетия / Т. К. Придворова, М. В. Белавкина // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2025. - № 1 (70). - С. 45-49.

8. **Белавкина, М. В.** Медицинские и психолого-педагогические аспекты организации физической культуры людей среднего и пожилого возраста / М. В. Белавкина, А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко, В. Н. Федорец // Медицина: теория и практика. - 2022. - Т. 7, № 4. - С. 52-62.

9. **Маланцева, С. А.** Креативный подход к тренировке вестибулярной устойчивости / С. А. Маланцева, Е. А. Овшинов, М. В. Белавкина, Т. А. Степанова // Физическая культура, спорт, здоровье и долголетие. Материалы тринадцатой международной научной конференции. Ростов-на-Дону - Таганрог, 2024. - С. 106-108.

10. **Демин, А. В.** Показатели функции равновесия у мужчин пожилого и старческого возраста с одинаковыми темпами старения // Прикладные информационные аспекты медицины. 2011. №1. С. 35 – 38.

11. **Белавкина, М. В.** Физкультурно-оздоровительные программы для женщин среднего и пожилого возраста / М. В. Белавкина, А. В. Лысенко // Успехи геронтологии. - 2024. - Т. 37. № 3. - С. 297.

12. **Белавкина, М. В.** Потенциал физической культуры в вопросе сохранения социально-психологического здоровья лиц старшей возрастной группы // Актуальные вопросы спортивной психологии и педагогики. - 2025. - Т. 5, № 1. - С. 94-101.

the Body in Athletes of Various Specializations / A. S. Nazarenko, A. S. Chinkin // Science and Sport: Modern Trends. 2015. No. 1. Pp. 19-23.

7. **Pridvorova, T. K.** Safety Rules for the Design of Aqua Aerobics Health Complexes to Extend Professional Longevity / T. K. Pridvorova, M. V. Belavkina // Proceedings of the Rostov State Transport University. - 2025. - No. 1 (70). - Pp. 45-49.

8. **Belavkina, M. V.** Medical and psychological-pedagogical aspects of organizing physical education for middle-aged and elderly people / M. V. Belavkina, A. V. Lysenko, D. S. Lysenko, V. N. Fedorets // Medicine: Theory and Practice. - 2022. - Vol. 7, No. 4. - Pp. 52-62.

9. **Malantseva, S.A.** Creative approach to vestibular stability training / S. A. Malantseva, E. A. Ovshinov, M. V. Belavkina, T. A. Stepanova // Physical education, sport, health and longevity. Proceedings of the thirteenth international scientific conference. Rostov-on-Don - Taganrog, 2024. - Pp. 106-108.

10. **Demin, A. V.** Indicators of the balance function in elderly and senile men with the same aging rate // Applied information aspects of medicine. 2011. No. 1. pp. 35 – 38.

11. **Belavkina, M. V.** Physical education and health programs for middle-aged and elderly women / M. V. Belavkina, A. V. Lysenko // Advances in Gerontology. - 2024. - Vol. 37. No. 3. - P. 297.

12. **Belavkina, M. V.** The potential of physical education in maintaining the socio-psychological health of older people // Current issues of sports psychology and pedagogy. - 2025. - Vol. 5, No. 1. - P. 94-101.

T.K. Dolgoplova, M.V. Belavkina

VESTIBULAR STABILITY AS A FACTOR OF QUALITY OF LIFE AND PROFESSIONAL LONGEVITY OF WOMEN OF THE SECOND MATURE AGE

Abstract. The article discusses the issues of vestibular stability as one of the components of the quality of life and the basis of professional longevity of women of the second mature age. The factors and manifestations of decreased coordination abilities are considered. The approaches to the construction of classes with women of the selected age group for the preservation of functional indicators are determined.

Keywords: women of the second mature age, vestibular stability, adaptation, wellness programs, aerobics, professional longevity, quality of life.

For citation: Dolgopolova, T. K. Vestibular Stability as a Factor of Quality of Life and Professional Longevity of Women of the Second Mature Age / T. K. Dolgopolova, M. V. Belavkina // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 42–49. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_42.

Сведения об авторах

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

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

Information about the authors

Dolgopolova Tatyana Konstantinovna
Southern Federal University (SFU),
Academy of Physical Education and Sports,
Student,
e-mail: tpridvorova@sfedu.ru

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

Е.Н. Каменская

ИГРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Аннотация. В условиях стремительного развития промышленного сектора и повышения требований к безопасности производственных процессов, особое значение приобретает качественная подготовка персонала. Игровые технологии при обучении по охране труда способствуют повышению мотивации и вовлечённости сотрудников, что напрямую коррелирует с улучшением усвоения знаний и, как следствие, со снижением производственного травматизма и укреплением культуры безопасности. В данной статье будут рассмотрены выгоды от применения игровых технологий в обучении охране труда, их основные составляющие, возможные форматы и последовательность внедрения в компаниях.

Ключевые слова: игровые технологии, охрана труда, культура безопасности.

Для цитирования: Каменская, Е. Н. Игровые технологии в образовательном процессе по охране труда / Е. Н. Каменская // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 50–55. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_50.

В рамках данной работы будут проанализированы преимущества игровых подходов в обучении охране труда, их ключевые компоненты, различные форматы реализации и этапы интеграции в организационную практику. Теоретические основы геймификации отражены в работах зарубежных и отечественных авторов (К. Вербх, Д. Хантер, Г. Зикерман, Д. Линдер, Т.Чатфильф, Ю.Чоу, К. Карп, К. Дятко, Е. Любко и др.).

Игровые технологии помогают сделать процессы обучения и применения правил безопасности более интересными и привлекательными для сотрудников, что в конечном итоге способствует повышению уровня безопасности на рабочем месте [3].

Среди компаний, активно внедряющих игровые инновации в бизнес-практику: Госкорпорация «Росатом», Уральский Банк реконструкции и развития, «Центр Финансовых Технологий», «М-Видео», «Т-Systems» и ещё более 1500 больших и маленьких российских компаний [1].

Основные элементы геймификации (рис. 1).



Рис. 1. Основные элементы геймификации

Игровые технологии при обучении по охране труда способствуют:

- 1) повышению мотивации: игровые элементы делают обучение интересным, стимулируют сотрудников активно участвовать в процессе;
- 2) увеличению вовлеченности: интерактивность способствует глубокому погружению в материал;
- 3) улучшению навыков решения проблем: игры часто требуют анализа ситуаций и принятия решений, что развивает критическое мышление;
- 4) практическому применению знаний: симуляции реальных ситуаций позволяют отработать навыки без риска для здоровья;
- 5) формированию культуры безопасности: игровой формат помогает осознать важность соблюдения правил охраны труда
- 6) повышению качества коммуникаций в команде: объединение сотрудников общей идеей, снижение количества конфликтов [1].

Форматы геймификации в обучении охране труда показаны на рис. 2.

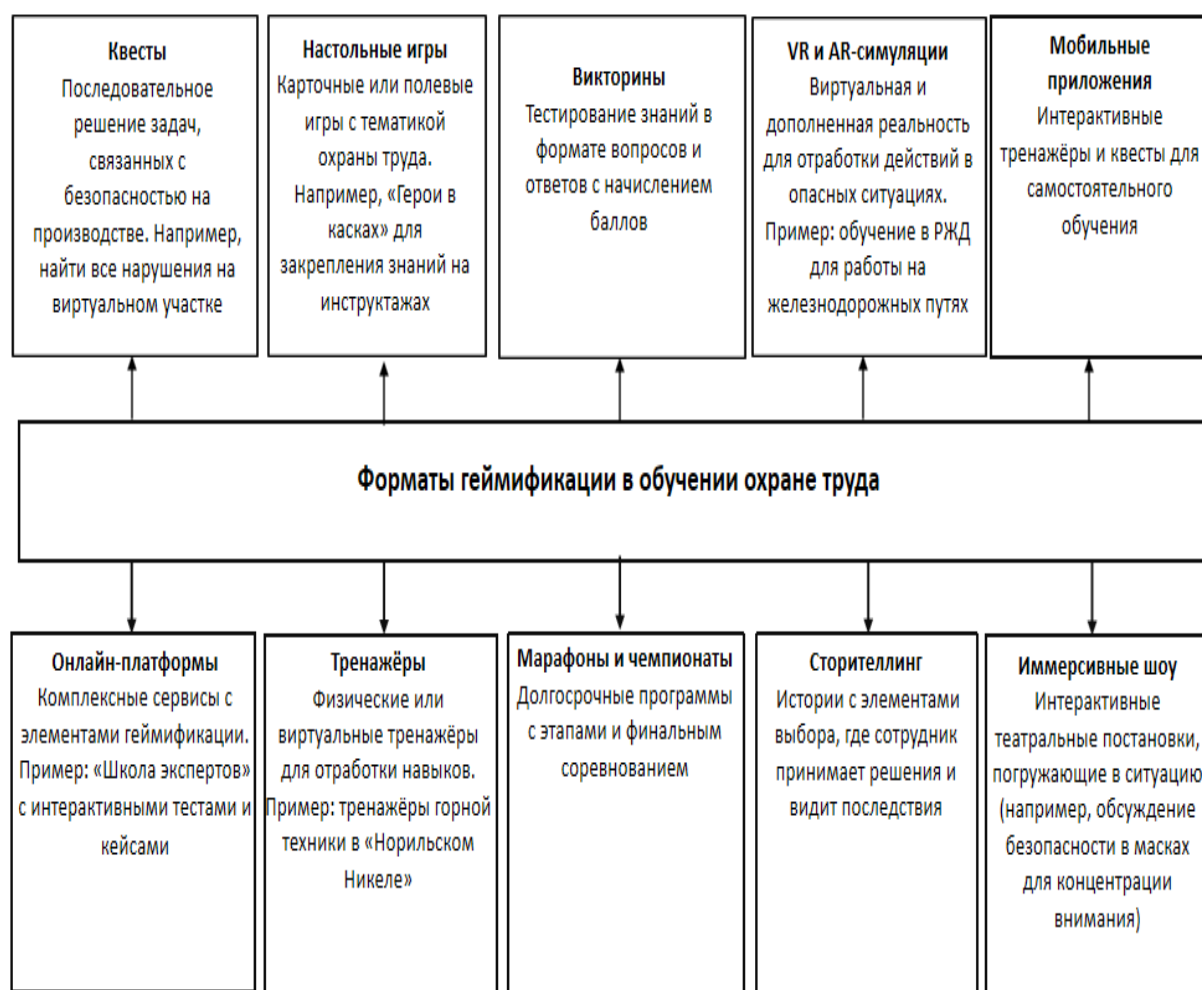


Рис. 2. Форматы геймификации в обучении охране труда

Примеры игровых решений по охране труда (рис. 3). Технологии, используемые в игровых решениях: виртуальная реальность (VR) – погружение в 3D-среду с помощью очков или шлема, дополненная реальность (AR) – объединение физических и виртуальных объектов через смартфон или планшет, смешанная реальность (MR) – сочетание элементов VR и AR, симуляторы – программные продукты, моделирующие рабочие ситуации.

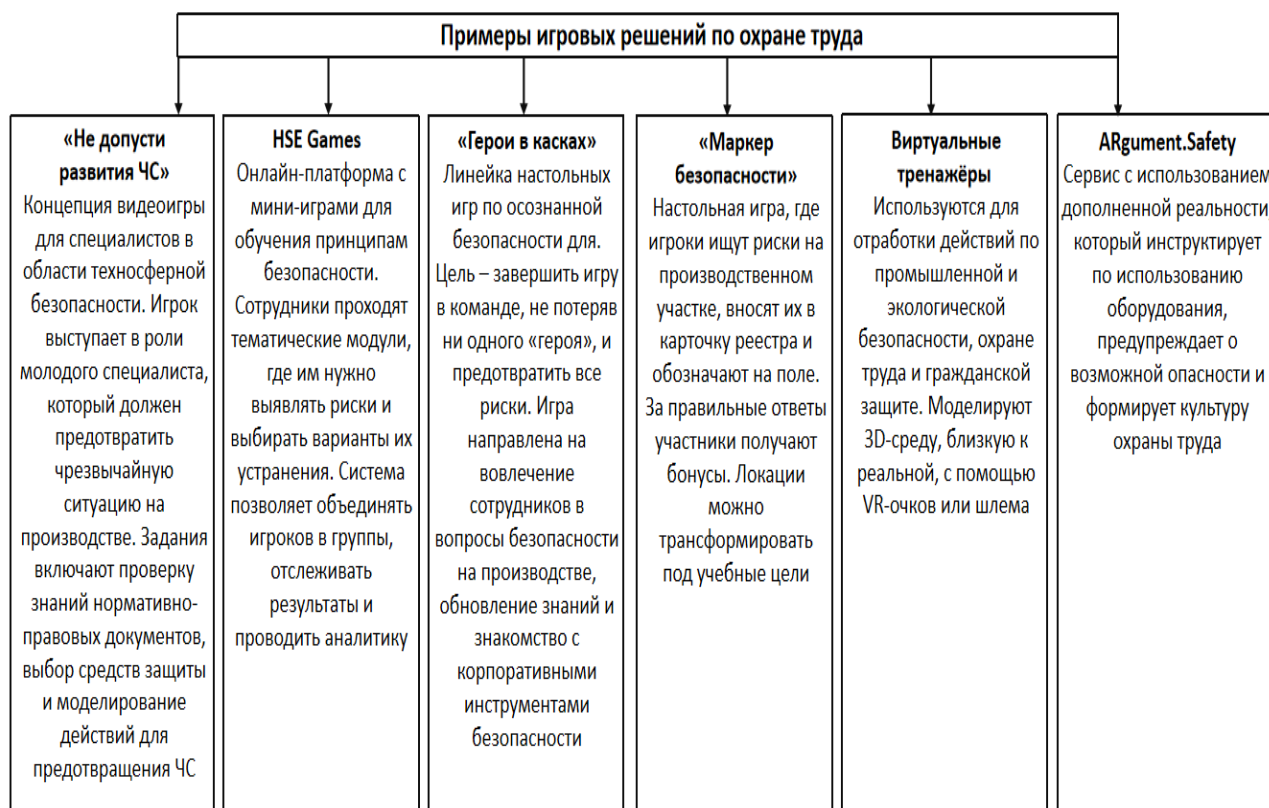


Рис. 3. Игровые технологии по охране труда

Особенности применения игровых технологий по охране труда:

1. Сформулировать цели и задачи для подбора соответствующей игры, например, для проверки знаний нормативных документов.
2. Подобрать игру с учётом комплекса всех методов, применяемых при обучении по данной программе.
3. Выбрать игру с учётом возрастных и индивидуальных особенностей обучаемых.
4. Внедрять систему оценки результатов, чтобы отслеживать прогресс и корректировать программу обучения.
5. Игровые технологии особенно эффективны в сочетании с традиционными методами обучения, что позволяет достичь баланса между теоретической подготовкой и практическим применением.

Дальнейшие исследования в этой области могут помочь оптимизировать методы геймификации, учитывая специфику различных отраслей и организаций, а также выявить наиболее эффективные подходы к применению геймификации в контексте охраны труда [2].

Этапы внедрения игровых технологий по охране труда в организации отражены на рис. 4.

Минусы геймификации:

- 1) Сложность оценки результатов (комбинировать игровые метрики (баллы) с традиционными тестами и практическими экзаменами).
- 2) Неприятие некоторыми сотрудниками (предложить альтернативные форматы обучения, объяснить пользу геймификации).
- 3) Высокие затраты на разработку (начать с простых элементов (викторины, карточки), использовать готовые платформы).
- 4) Перекос в сторону игры (сохранять баланс между развлечением и обучением, фокусироваться на ключевых навыках).

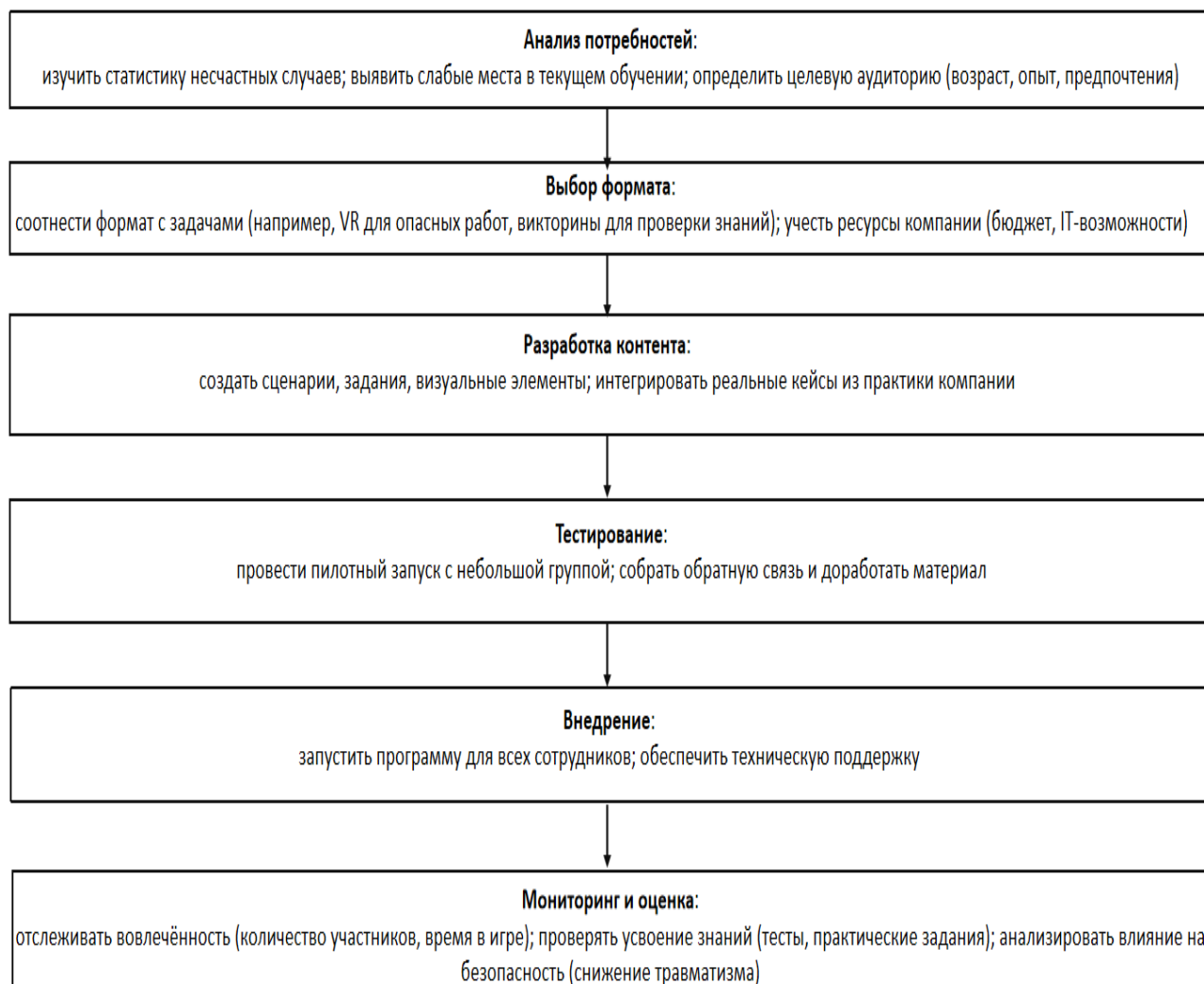


Рис. 4. Этапы внедрения игровых технологий по охране труда

Рассмотрим примеры зарубежных и отечественных разработок онлайн-игр по охране труда.

OSHA's Hazard Identification Training Tool – онлайн-инструмент, обучающий обнаружению опасностей, разработанный Управлением по охране труда Министерства труда США (OSHA – Occupational Safety and Health Administration). Данная интерактивная игра для изучения основ выявления опасностей на рабочем месте.

«Охота на риски» – отечественное мобильное приложение компании ЕВРАЗ. У приложения есть два алгоритма действия. Первый направлен на ситуативное выявление рисков: обнаружить опасную ситуацию во время работы или по пути на рабочее место – запустить приложение – сфотографировать риск – указать, в чём проблема – направить сообщение в систему. Дальше прямо внутри приложения данный запрос направляется риск-менеджеру и руководителю подразделения. Второй алгоритм – соревновательный: можно присоединиться к «сезону охоты» и выполнять несложные задания. Среди таких заданий – сфотографировать места, где есть риск споткнуться и получить ушибы при падении, площадки и марши, по которым небезопасно передвигаться, открытые электрощитки и оголенные провода. Заранее оговаривается, что выполнять задания нужно с осторожностью, фотографировать с безопасного расстояния и не приближаться к источнику опасности, чтобы не пострадать. Если сделать фотографию не получается, работнику достаточно направить сообщение с описанием, что и где может пойти не так [4-5].

Отечественная игровая образовательная платформа «Три смены» разработана для обучения эффективным методам охраны труда и безопасности на производстве. Платформа «Три смены» также решает проблему рутинности и формализма в обучении. Многие сотрудники, особенно молодые, воспринимают традиционный инструктаж как скучную обязательку. Игровой формат, напротив, вызывает интерес и здоровый азарт. Внутри системы действуют рейтинги и награды, которые мотивируют коллег соревноваться в знании безопасности. Это формирует новый тип корпоративной культуры, где безопасность становится не навязанным требованием, а частью профессиональной гордости.

Применение игровых технологий способствуют повышению культуры безопасности сотрудников и снижению травматизма.

В долгосрочной перспективе использование «Трех смен» способно изменить отношение к безопасности на производстве в целом. Когда каждый сотрудник – от уборщика до главного инженера – систематически отрабатывает навыки в игровой форме, культура безопасности перестает быть абстрактным понятием. Она становится привычной и естественной частью работы. Платформа уже зарекомендовала себя в машиностроении, химической промышленности и строительстве, и ее разработчики продолжают расширять библиотеку сценариев, добавляя редкие, но критически важные ситуации. Таким образом, «Три смены» являются не просто образовательным продуктом, а стратегическим инструментом для снижения производственного травматизма и повышения общей эффективности труда.

Список литературы

1. **Козина, Е. С.** Геймификация профессиональной деятельности как эффективный инструмент мотивации персонала современной организации // Современные проблемы науки и образования. 2015. – № 2.
2. **Хурамов, С. С., Солопова В. А.** Геймификация как метод вовлечения сотрудников предприятия в проблемы охраны труда // CETERIS PARIBUS. – №4. – 2024. – С. 37-39. ISSN (p) 2411-717X / ISSN (e) 2712-9470
3. **Guo Brian, H. W.** Computer Vision Technologies for Safety Science and Management in Construction: A critical review and future research directions / Brian H. W. Guo, Yang Zou, Yihai Fang [et al.] // Safety Science. – 2021. – Vol. 135.
4. 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
5. **Новиков, Н. Н.** Несчастные случаи обусловленных человеческим фактором / Н. Н. Новиков, Т. А. Финоченко // Труды Ростовского государственного университета

References

1. **Kozina, E. S.** Gamification of professional activity as an effective tool for motivating personnel of a modern organization // Modern problems of science and education. 2015. - No. 2.
2. **Khuramov, S. S., Solopova V. A.** Gamification as a method of involving enterprise employees in occupational safety issues // CETERIS PARIBUS. - No. 4. - 2024. - P. 37-39. ISSN (p) 2411-717X / ISSN (e) 2712-9470
3. **Guo Brian, H. W.** Computer Vision Technologies for Safety Science and Management in Construction: A critical review and future research directions / Brian H.W. Guo, Yang Zou, Yihai Fang [et al.] // Safety Science. – 2021. – Vol. 135.
4. Actual problems of ensuring labor safety in production / M. E. Tsabolova, A. A. Tashchiyan, T. A. Finochenko, I. A. Yaitskov // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2024. – No. 1 (66). – P. 100-104
5. **Novikov, N. N.** Accidents caused by the human factor / N. N. Novikov, T. A. Finochenko // Trudy Rostovskogo

путей сообщения. – 2024. – № 2(67). – С. 87-98

6. 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.

gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2024. – No. 2 (67). – P. 87-98

6. Ensuring the safety of technological systems of transport infrastructure enterprises / T. A. Finochenko, I. A. Balanov, S. V. Borisov [et al.] // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2022. – No. 4 (61). – pp. 109-113.

E.N. Kamenskaya

GAMIFICATION IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF LABOR PROTECTION

Abstract: In the context of the rapid development of the industrial sector and increasing demands on the safety of production processes, high-quality personnel training is of particular importance. Gaming technologies in occupational safety and health training contribute to increasing employee motivation and engagement, which is directly correlated with improving knowledge retention and, as a result, with reducing occupational injuries and strengthening safety culture. This article will explore the benefits of using gaming technologies in occupational safety and health training, their main components, possible formats, and the sequence of implementation in companies.

Keywords: gaming technologies, occupational safety, and security culture.

For citation: Kamenskaya, E. N. Gaming Technologies in the Occupational Safety and Health Education Process / E. N. Kamenskaya // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 50–55. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_50.

Сведения об авторах

Каменская Елена Николаевна

Южный федеральный университет (ЮФУ),
Институт компьютерных технологий и
информационной безопасности,
кафедра «Психологии и безопасности
жизнедеятельности»,
доктор педагогических наук, доцент,
профессор,
e-mail: kamenskyaen@sfnedu.ru

Information about the authors

Kamenskaya Elena Nikolaevna

Southern Federal University (SFU),
Institute of Computer Technologies and
Information Security,
Chair «Psychology and Life Safety»,
Doctor of Pedagogical Sciences, Associate
Professor, Professor,
e-mail: kamenskyaen@sfnedu.ru

В.В. Козлюк

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В СОЕДИНЕНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Аннотация. В статье рассматривается комплексный подход к повышению эффективности электрофильтров на тепловых электростанциях путем сочетания механических методов предварительной очистки (батареи циклоны, жалюзийные пылеконцентраторы), газораспределительных устройств и систем кондиционирования дымовых газов. Проведен анализ основных недостатков традиционных электрофильтров, включая влияние высокого удельного электрического сопротивления золы, нестабильность режимов работы и вторичный унос пыли. Предложены решения, позволяющие повысить эффективность очистки отходящих газов.

Ключевые слова: электрофильтры, фильтрующие, дымовые газы, загрязнение, эффективность очистки, тепловые электростанции.

Для цитирования: Козлюк, В. В. Комплексный подход в соединении механических и электрических методов очистки выбросов для повышения эффективности электрофильтров теплоэлектростанций / В. В. Козлюк // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 56–60. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_56.

Введение. В современном индустриализированном мире чистый воздух становится ценным ресурсом. Люди постоянно сталкиваются с загрязняющими веществами с заводов, электростанций и других промышленных предприятий. К счастью, передовые инженерные решения дали инструменты для борьбы с этим, и одним из незаметных героев в борьбе за чистый воздух является система электрофильтрации.

Электрофильтры являются высокотехнологичными очистителями воздуха огромных размеров. Основной принцип работы их удивительно прост и эффективен, он представляет собой фильтрующее устройство, удаляющее твердые частицы (мельчайшие твердые частицы и капли жидкости) из газового потока, обычно промышленных выхлопных газов. Вместо традиционных фильтров, которые могут засориться и стать неэффективными, электрофильтры используют энергию электричества для улавливания этих загрязняющих веществ [1].

Основная часть

Вкратце рассмотрим процесс электрофильтрации: при прохождении дымовых газов частицы заряжаются электрическим током и затем собираются на противоположно заряженных пластинах или поверхностях. Этот процесс гарантирует выброс только более чистого, отфильтрованного воздуха, что значительно снижает уровень загрязнения и способствует улучшению качества воздуха и оздоровлению окружающей среды.

Электрофильтры, обычно используемые на промышленных предприятиях и тепловых электростанциях. Тепловые электростанции являются рабочими лошадками энергетической инфраструктуры, используют ископаемое топливо для производства электроэнергии. Хотя этот процесс крайне важен, он приводит к значительному выбросу вредных загрязнений в атмосферу, что создаёт значительные риски для здоровья человека и окружающей среды. Пример внешнего вида электрофильтра и представление его в разрезе изображены на рисунке 1.

Применение электрофильтров имеют явные достоинства перед более устаревшими системами очистки, но при этом у данных систем есть и свои недостатки. Эффективность фильтров значительно снижается под влиянием ряда факторов, связанных как со свойствами самой очищаемой золы, так и с особенностями эксплуатации оборудования. Наиболее серьезная проблема возникает при сжигании низкосернистых углей, чье высокое удельное электрическое сопротивление приводит к образованию изолирующего слоя на осадительных электродах. Также высокая чувствительность к изменениям режимов работы котлов и объемов дымовых газов, поступающих на фильтры и проблемы неравномерности распределения газов по конструкции установки. И стоит не забывать о важности размеров частиц, наибольшая эффективность наблюдается при размерах частиц 20-30 мкм [2,3].



Рис. 1. Внешний вид электрофильтра и электрофильтр в разрезе

Задача повышения эффективности работы электрофильтров является важной целью в системах очистки загрязняющих газов. При среднем проценте очистки отходящих газов от устаревших электрофильтров составляющих 92,5%, выбросы в атмосферу от одной станции в среднем - 4025 тонн/год, притом эффективность использования усовершенствованных фильтров составляет 99,8%, а выбросы составляют 110 тонн/год разница почти в 36,5 раз.

Рассмотрим несколько способов для увеличения эффективности электрофильтров на теплоэлектростанциях перед ними необходимо установка дополнительных устройств, таких как механические пылеуловители, газораспределительные устройства и системы кондиционирования. Их основная задача - снижение концентрации крупных частиц, увлажнение и выравнивание газового потока [4].

На первом этапе необходима установка батарейных циклонов или жалюзийных пылеконцентраторов, они используют центробежную силу и инерцию для осаждения наиболее крупных фракций пыли и снижают нагрузку на электрофильтр, позволяя повысить общую эффективность системы газоочистки [5]. Следующим этапом предлагается установка газораспределительных решёток, для равномерности потока газа, чтобы в одних зонах скорость не была слишком высокой (что вызывает унос пыли), а в других - низкой (недоиспользование мощности установки). Примеры таких аппаратов представлены на рисунке 2.

Так же рекомендуется установка системы кондиционирования дымовых газов, для их увлажнения, впрыск воды в газоход перед электрофильтром снижает удельное электрическое сопротивление слоя золы, что облегчает осаждение частиц. Однако этот метод требует

тщательного контроля, чтобы температура газов не опустилась ниже точки росы, иначе начнется коррозия оборудования.

Таким образом, комплексный подход с использованием механической предварительной очистки и оптимизации газовых потоков позволяет современным электрофильтрам достигать эффективности более 99,8%.

Рассмотрим четыре метода к очистке отходящих дымовых газов от теплоэлектростанций:

Первый метод без проведения очистки, при сжигании угля образуется большое количество летучей золы при этом запыленность газов на входе в систему очистки может достигать до 90 г/м^3 . Если эти газы не очищать, все это попадет в атмосферу.



Рис. 2. Батарейные циклоны и жалюзийные пылеконцентраторы

Второй метод, использование устаревших систем (только циклонов), которые все еще используются на многих станциях, имеют эффективность очистки до 90%. Это значит, что после них в трубу уходит около $5 - 7 \text{ г/м}^3$ пыли.

Третий метод, применение стандартных электрофильтров с коэффициентом полезного действия 90 - 95%, при этом запыленность составляет $1 - 2 \text{ г/м}^3$.

Четвертый метод, использование усовершенствованных электрофильтров, обеспечивающих эффективность очистки 99,7% - 99,9% [6]. Визуально четыре данных метода представлены на рисунке 3.

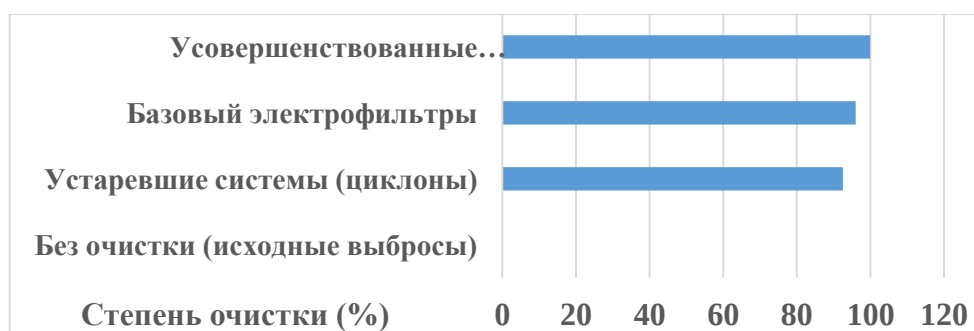


Рис. 3. Степеней очистки в зависимости от методов

Проведенный анализ показывает, что среднюю эффективность электрофильтров без использования дополнительных методов составляет 92,5%, но работа сопровождается сильными колебаниями, связанными с нестабильностью процессов осаждения, влиянием состава топлива и износом оборудования [7]. При этом применение предложенных методов повышает эффективность до 99,8%, что представлено на рисунке 4.

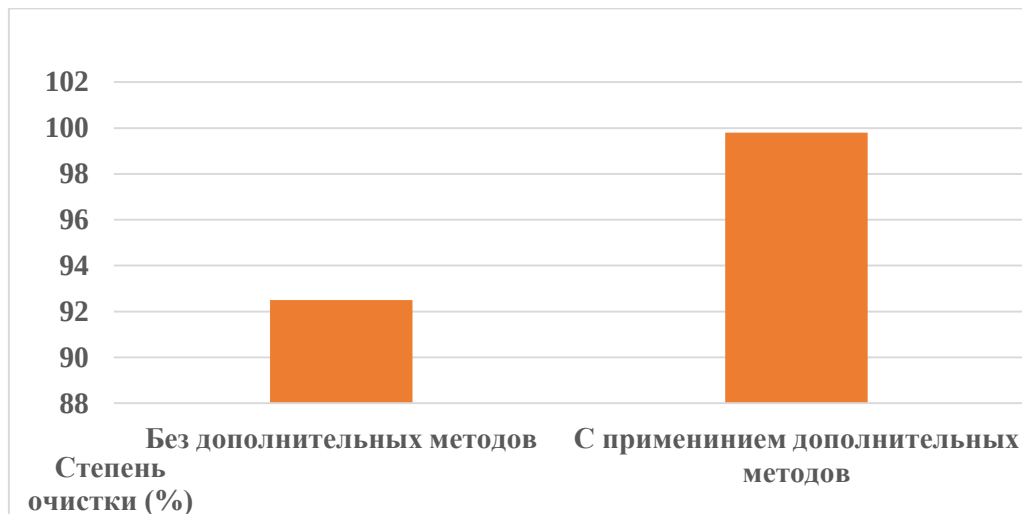


Рис. 4. Сравнения степеней очистки с применением и без дополнительных методов

Заключение. Внедрение дополнительных методов позволяет не только повысить эффективность улавливания твердых частиц с 92,5% до 99,8%, но и сделать процесс очистки стабильным, сводя к минимуму аварийные выбросы.

Системы электрофильтрации являются неотъемлемой частью современных стратегий защиты окружающей среды, данный процесс не только помогает промышленным предприятиям соблюдать строгие экологические нормы, но и играет решающую роль в снижении вредного воздействия загрязнения воздуха на здоровье населения.

Список литературы

1. Шваб, Е. А. Защита атмосферы от выбросов теплоэлектростанций / Е. А. Шваб, Е. А. Демьянцева // Декада экологии: материалы X юбилейного международного конкурса, Омск, 11–19 мая 2016 года. – Омск: Омский университет дизайна и технологий, 2016. – С. 49-50.
2. Комиссаров, К. Б. Эффективность пульсирующей подачи газовых потоков в установки поглощения газовых выбросов / К. Б. Комиссаров, А. В. Филь, В. А. Финоченко // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2017. – № 12. – С. 38-40.
3. Зайцева, Н. В. Сравнительная гигиеническая оценка состава золы и пылевых фракций атмосферного воздуха в зоне влияния теплоэлектростанции для повышения точности оценки риска здоровью населения / Н. В. Зайцева, С. В.

References

1. Shvab, E. A. Atmosphere protection from thermal power plant emissions / E. A. Shvab, E. A. Demyantseva // Decade of Ecology: Proceedings of the 10th Anniversary International Competition, Omsk, May 11–19, 2016. – Omsk: Omsk University of Design and Technology, 2016. – Pp. 49–50.
2. Komissarov, K. B. Efficiency of Pulsating Gas Flows in Emission Absorption Units / K. B. Komissarov, A. V. Fil, V. A. Finochenko // Chemical, Oil and Gas Engineering. – 2017. – No. 12. – Pp. 38–40.
3. Zaitseva, N. V. Comparative hygienic assessment of the composition of ash and dust fractions of atmospheric air in the zone of influence of a thermal power plant to improve the accuracy of public health risk assessment / N. V. Zaitseva, S. V. Klein, A. M. Andrisunas,

Клейн, А. М. Андришунас, С. Ю. Балашов // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. – 2023. – Т. 31, № 12. – С. 37-45. – DOI 10.35627/2219-5238/2023-31-12-37-45.

4. **Черенцова, А. А.** Анализ выбросов от ТЭЦ при различных сценариях ее проектирования / А. А. Черенцова, Н. А. Пашнина // Наука сегодня: вызовы и решения : материалы международной научно-практической конференции: в 2 частях, 31 января 2018 года. Том Часть 1. – Вологда: ООО «Маркер», 2018. – С. 181-183.

5. **Пушкарёв, Я. С.** Очистка дымовых газов после электрофильтров на Харанорской ГРЭС / Я. С. Пушкарёв // Научный Лидер. – 2023. – № 39(137). – С. 46-49.

S. Yu. Balashov // Population Health and Habitat - ZNiSO. – 2023. – Vol. 31, No. 12. – Pp. 37-45. – DOI 10.35627/2219-5238/2023-31-12-37-45.

4. **Cherentsova, A. A.** Analysis of emissions from a combined heat and power plant under various design scenarios / A. A. Cherentsova, N. A. Pashnina // Science today: challenges and solutions: materials of the international scientific and practical conference: in 2 parts, Vologda, January 31, 2018. Volume Part 1. – Vologda: ООО Marker, 2018. – Pp. 181-183.

5. **Pushkarev, Ya. S.** Cleaning of flue gases after electrostatic precipitators at the Kharanorskaya GRES / Ya. S. Pushkarev // Scientific Leader. – 2023. – No. 39(137). – pp. 46-49.

V.V. Kozlyuk

AN INTEGRATED APPROACH TO COMBINING MECHANICAL AND ELECTRICAL METHODS OF EMISSION TREATMENT TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THERMAL POWER PLANT ELECTROSTATIC PRECIPITATORS

Abstract. This article examines an integrated approach to improving the efficiency of electrostatic precipitators at thermal power plants by combining mechanical pre-cleaning methods (battery cyclones, louvered dust concentrators), gas distribution devices, and flue gas conditioning systems. The main disadvantages of traditional electrostatic precipitators are analyzed, including the impact of high ash resistivity, instability of operating modes, and dust reentrainment. Solutions are proposed to improve the efficiency of exhaust gas cleaning.

Keywords: electrostatic precipitators, filtering, flue gases, pollution, cleaning efficiency, thermal power plants.

For citation: Kozlyuk, V. V. An Integrated Approach to Combining Mechanical and Electrical Emission Cleaning Methods to Improve the Efficiency of Electrostatic Precipitators at Thermal Power Plants / V. V. Kozlyuk // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 56–60. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_56.

Сведения об авторах

Козлюк Виталий Викторович

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

Information about the authors

Kozlyuk Vitaly Viktorovich

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

К.В. Корнеев, Т.Г. Кириллова, В.С. Иванцова

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ ЗАНЯТИЙ ЭКСТРЕМАЛЬНЫМИ ВИДАМИ СПОРТИВНОЙ И РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Аннотация. Представлен обзор актуальных исследований, посвященных минимизации рисков для здоровья и жизни человека при занятиях экстремальными спортивными дисциплинами. Выделены педагогические подходы для эффективной профилактики травматизма и снижения количества несчастных случаев в условиях специфической (в том числе спортивной и рекреационной) активности экстремального характера.

Ключевые слова: спорт, безопасность, экстремальные условия, педагогические условия, риск здоровья и жизни.

Для цитирования: Корнеев, К. В. Обеспечение безопасности человека в процессе занятий экстремальными видами спортивной и рекреационной деятельности / К. В. Корнеев, Т. Г. Кириллова, В. С. Иванцова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 61–66. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_61.

Актуальность. Глобальный рост популярности экстремальных спортивных дисциплин, в частности в Российской Федерации, отмечается многими исследователями [1 - 10]. При этом обостряется конфликт между возрастающим социальным запросом на подобную активность и актуальными требованиями к обеспечению безопасности рекреационной и спортивной деятельности, сопряженной с объективными рисками не только для жизни и здоровья участников, но и для достижения активного долголетия [11, 12]. По данным учёта, в гористой местности каждый год в среднем происходит около 17 случаев гибели среди скалолазов (с разбросом от 4 до 33 человек) и свыше 40 случаев среди туристов и отдыхающих. Тем не менее, имеющиеся численные данные не подкреплены единой общегосударственной системой фиксации, категоризации и изучения происшествий и травматизма в горах. Кроме того, на сегодняшний день не создана целостная образовательная методика выработки навыков безопасности для людей, находящихся в экстремальных условиях высокогорья [2, 6]. Обеспечение безопасности жизнедеятельности в горной местности имеет критическое оборонное и стратегическое значение для страны, поскольку около 20% всей протяженности государственной границы России пролегает в горных районах. Как отмечают авторитетные специалисты в области альпинизма и горной подготовки, современная российская система защиты человека в экстремальных условиях высокогорья характеризуется крайне низким уровнем развития и остается недостаточно исследованной областью [4]. Даже при строгом соблюдении технических нормативов и регламентов проведения высотных восхождений сохраняется существенная вероятность повреждений, варьирующихся от легких до крайне тяжелых. Полная ликвидация указанных рисков признана невозможной. Однако задача по системному снижению уровня опасности данной спортивной дисциплины остается актуальной и необходимой [3, 8, 9].

Цель работы: провести анализ современного состояния обеспечения безопасности лиц, занимающихся экстремальными видами спорта, на основе системного обзора актуальных научных публикаций и методических материалов, посвящённых данной области физической активности.

Результаты исследования. Горные районы нашей страны обладают различной туристической специализацией. Здесь преобладают активные виды отдыха, которые требуют сохранности природы. К ним относят: экологический туризм, водный туризм, скалолазание, горно-пешеходный туризм, лечение горным климатом и горными минеральными источниками. Несмотря на то, что Россия (с учётом географических возможностей) обладает огромным туристским потенциалом в области горнолыжного туризма, посещает горнолыжные курорты всего около 3% населения страны, что во многом определяется низким уровнем обеспечения безопасности [1].

Для изучения механизмов обеспечения безопасности в экстремальных видах спорта используются разбор и анализ несчастных случаев, которые необходимы не только для выяснения причин ошибок и гибели спортсменов в горах, но и для разработки практических рекомендаций поведения человека в экстремальных условиях деятельности.

В структуре общего травматизма (бытового, уличного, производственного и пр.) на долю спорта приходится от 2 до 5% [3]. При этом в спортивном горном туризме подобное разделение утрачивает актуальность. В ходе мероприятий, осуществляемых в экстремальной природной среде, любое повреждение, полученное в условиях затруднённого доступа экстренной медицинской помощи, способно спровоцировать аварийную ситуацию. Данное обстоятельство обуславливает исключительно высокий уровень травматизма в этой сфере. Исследование системы безопасности человека в экстремальных условиях гор свидетельствует, что на этапе начальной подготовки, включающей некатегорийные походы и маршруты I категории сложности, концентрируется до 71% всех случаев травм [2]. Как отмечает Ю.В. Байковский, наиболее высокий коэффициент аварийности демонстрирует молодёжь в возрасте 14–25 лет. Важно подчеркнуть, что речь идёт преимущественно о туристах и спортсменах массовых разрядов. Характерной чертой последнего времени стала также практика участия в одно- или двухдневных походах (походы выходного дня) лиц, не обладающих какой-либо специальной туристской подготовкой [2].

Ряд авторов анализируют ключевые опасности, сопровождающие занятия альпинизмом, скалолазанием и горным туризмом: сход снежных лавин, обвалы скальных пород, резкие колебания температуры воздуха и кислородное голодание на большой высоте. Основное внимание в работах сосредоточено на современных методах минимизации указанных рисков, включая эксплуатацию специализированного снаряжения (датчики системы поиска пострадавших в лавинах, защитные шлемы), применение комплексных страховочных систем и использование средств прогнозирования метеоусловий и лавинной опасности на основе данных дистанционного зондирования Земли. Представлены практические рекомендации по регламентированным действиям в условиях чрезвычайного происшествия, а также аргументируется ключевое значение психологической подготовки к экстремальным нагрузкам для принятия оперативных решений. В заключении формулируется тезис о том, что неукоснительное соблюдение установленных нормативов безопасности и постоянное профессиональное совершенствование спортсменов представляют собой необходимые условия для достижения статистически значимого сокращения травматизма в высокогорной местности. [3,7].

Современные исследования [5, 6] указывают, что ужесточение нормативов, регламентирующих качество и безопасность в сфере активного туризма, обуславливает необходимость оформления обособленной профессиональной группы – экспертов в области рекреационной и спортивно-оздоровительной деятельности. Центральным компетентностным элементом для таких специалистов выступает фундаментальное освоение анатомо-физиологического цикла знаний, необходимое для проведения анализа функциональных резервов организма. По данным экспертных оценок, недостаточная подготовленность в области методологии оценки функционального состояния участников рекреационных и туристических программ находится в прямой зависимости от уменьшения результативности и

роста вероятности негативных последствий при осуществлении оздоровительных практик [5,6].

Эксперты отмечают, что воздействие опасных природных факторов значительно повышает риск развития чрезвычайных ситуаций в случае нарушения спортсменами регламентированных норм безопасного поведения [3]. Исследование происшествий демонстрирует ряд определяющих причин, которые провоцируют развитие критических событий:

- Недостаточный уровень технической и физической подготовки участников, а также неадекватная оценка сложности маршрута относительно их возможностей.
- Неграмотный подбор состава группы, отсутствие слаженности и взаимопонимания между её членами.
- Нехватка практического опыта и недостаточный авторитет руководителя похода.
- Низкий уровень дисциплины и исполнительности в коллективе.
- Нечёткое разграничение функциональных обязанностей среди участников.
- Недостаточное изучение трассы и внесение в неё неоправданных корректив.
- Неосведомлённость об объективных опасностях горной среды и процедурах их нивелирования.
- Пренебрежение средствами страховки либо их некорректное использование.
- Завышенная самооценка собственных сил и возможностей.
- Снижение бдительности, особенно на этапах спуска.
- Неудовлетворительное состояние или неполная комплектация специального снаряжения.
- Дефицит продовольствия, несоответствие экипировки климатическим условиям.
- Неукомплектованная или отсутствующая походная аптечка.
- Плохая организация быта и досуга, отсутствие систематического контроля за физическим состоянием участников.

В соответствии с экспертной оценкой области альпинизма и горного туризма «можно определить пять иерархических уровней обеспечения безопасности личности и коллектива в экстремальной горной обстановке:

1. Медико-биологический.
2. Психоэмоциональный.
3. Социально-коммуникативный.
4. Материально-экономический.
5. Нормативно-государственный.

На каждом из этих уровней функционирования системы безопасности присутствуют базовые элементы, от которых зависит эффективность работы всей системы. На первых двух уровнях (медико-биологическом и психоэмоциональном) таким элементом выступает индивид. На третьем уровне — это различного масштаба социальные образования (от малых групп до крупных коллективов). На четвёртом уровне основой является материально-техническое и экономическое обеспечение мер безопасности. На пятом уровне базовым элементом выступает государство с его регулирующими функциями. Взаимосвязь между всеми уровнями обеспечивается через управленческие процессы. В рассматриваемой концепции данная связь реализуется посредством педагогического управления» [2].

Такие исследователи, как Байковский Ю.В. (2011) определяют, «что пробелы и недоработки на этапе начальной подготовки приводят к травмам и аварийным ситуациям. Именно там закладываются базовые умения и навыки для безопасного прохождения маршрутов и снижения травматизма на спортивных туристских мероприятиях в экстремальных условиях горного рельефа. Недостаточная разработанность теоретических и научно-методических основ подготовки специалистов по горным видам спорта и обеспечению безопасности групп, действующих в экстремальных условиях горной среды...», делают

актуальными научными исследованиями и практическое внедрение этих изысканий в учебно-тренировочный процесс» [2].

Заключение. Анализ ключевых параметров физической кондиции спортсменов на начальном этапе подготовки, частоты возникновения травматических случаев в рамках спортивных мероприятий, а также клиническая характеристика полученных повреждений позволяют сформулировать следующие выводы:

- установлена статистически значимая взаимосвязь между показателями функциональной готовности организма и частотой травматизма;
- подтверждено определяющее влияние уровня развития физических качеств на обеспечение мер безопасности в условиях спортивного горного туризма.

Следовательно, формирование в Российской Федерации оптимизированной педагогической системы регулирования процессами гарантирования безопасности в особых условиях горного рельефа является значимой исследовательской задачей, требующей фундаментальной методологической проработки и аргументации. Соответственно, комплексность системы защиты личности в экстремальной горной обстановке достигается посредством образовательных мер, ориентированных как на индивида, так и на социальные общности различного масштаба.

Список литературы

1. Аникина, Л. А. Проблемные вопросы российских туроператоров при организации горнолыжных туров / Л. А. Аникина // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2025. – № 11-1. – С. 5-10. – DOI 10.17513/vaael.4384.
2. Байковский, Ю. В. Педагогическая система обеспечения безопасности человека в экстремальных условиях горной среды: автореферат дис. ... доктора педагогических наук : 13.00.08 / Байковский Юрий Викторович; Место защиты: Рос. гос. ун-т физ. культуры, спорта и туризма]. — Москва, 2011. — 50 с.
3. Варламов, П. П. Горный туризм, техника безопасности в горном спорте / П. П. Варламов // Образование. Наука. Производство: XIII Международный молодежный форум, Белгород, 08–09 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 2747-2751.
4. Гадиева, А. Н. Условия эффективного развития горных территорий (на примере Северо-Кавказского региона) / А. Н. Гадиева // Общество: социология, психология, педагогика. – 2020. – № 12(80). – С. 97-100. – DOI 10.24158/spp.2020.12.17.
5. Долгополов, Л. П. Профессиональная подготовка инструкторов-проводников

References

1. Anikin, L. A. Problematic issues of Russian tour operators in organizing ski tours / L. A. Anikin // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. - 2025. - No. 11-1. - Pp. 5-10. - DOI 10.17513/vaael.4384.
2. Baykovsky, Yu. V. Pedagogical system of ensuring human safety in extreme conditions of the mountain environment: abstract of the dissertation ... Doctor of Pedagogical Sciences: 13.00.08 / Baykovsky Yuri Viktorovich; Place of protection: Russian State University of Physical Culture, Sports and Tourism]. - Moscow, 2011. - 50 p.
3. Varlamov, P. P. Mountain tourism, safety precautions in mountain sports / P. P. Varlamov // Education. Science. Produced by: XIII International Youth Forum, Belgorod, October 8–9, 2021. – Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2021. – Pp. 2747–2751.
4. Gadieva, A. N. Conditions for the Effective Development of Mountainous Territories (using the North Caucasus Region as an Example) / A. N. Gadieva // Society: Sociology, Psychology, Pedagogy. – 2020. – No. 12(80). – Pp. 97–100. – DOI 10.24158/spp.2020.12.17. .
5. Dolgoplov, L. P. Professional Training of International-Class Instructors-Guides

международного класса (горный туризм) / Л. П. Долгополов. – Краснодар: Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, 2018. – 109 с. – ISBN 978-5-93491-775-4.

6. **Звягина, Е. В.** Спортивно-оздоровительный мониторинг: обоснование внедрения учебной дисциплины для подготовки конкурентоспособных специалистов в сфере активного туризма и рекреации / Е. В. Звягина, Н. П. Петрушкина, О. Е. Кутепова // Вестник педагогических наук. – 2026. – № 1. – С. 132-138.

7. **Кириллова, Т. Г.** Формирование культуры здоровой и безопасной личности школьников в процессе физкультурно-оздоровительной работы / Т. Г. Кириллова, К. А. Филатов, М. И. Тимченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4(65). – С. 23-27.

8. **Никонова, Н. И.** Техника безопасности в горном спорте / Н. И. Никонова // Аллея науки. – 2025. – Т. 1, № 6(105). – С. 284-287.

9. **Прокопьев, В. Н.** Обеспечение безопасности туристической сферы и её эффективность (краткий обзор литературы) / В. Н. Прокопьев // Традиции и инновации в современной науке и образовании: теория и передовая практика. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2021. – С. 184-234. – DOI 10.46916/02032021-3-978-5-00174-150-3.

10. **Расцелуева, Н. В.** Физическая подготовка на начальном этапе как основа безопасности спортивной деятельности горных туристов / Н. В. Расцелуева, А. С. Тарасов // Физическая культура и спорт в современном обществе : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию образования Дальневосточной государственной академии физической культуры, 24 марта 2017 года / Под редакцией С.С. Добровольского. – Хабаровск: Дальневосточная государственная академия физической культуры, 2017. – С. 194-197.

(Mountain Tourism) / L. P. Dolgoplov. – Krasnodar: Kuban State University of Physical Education, Sports and Tourism, 2018. – 109 p. – ISBN 978-5-93491-775-4.

6. **Zvyagina, E. V.** Sports and health monitoring: justification for the introduction of an academic discipline for the training of competitive specialists in the field of active tourism and recreation / E. V. Zvyagina, N. P. Petrushkina, O. E. Kutepova // Bulletin of pedagogical sciences. - 2026. - No. 1. - Pp. 132-138.

7. **Kirillova, T. G.** Formation of a culture of healthy and safe personality of schoolchildren in the process of physical education and health work / T. G. Kirillova, K. A. Filatov, M. I. Timchenko // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. - 2023. - No. 4 (65). - Pp. 23-27.

8. **Nikonova, N. I.** Safety precautions in mountain sports / N. I. Nikonova // Alley of Science. - 2025. - Vol. 1, No. 6 (105). - Pp. 284-287.

9. **Prokopiev, V. N.** Ensuring the safety of the tourism sector and its effectiveness (a brief literature review) / V. N. Prokopiev // Traditions and innovations in modern science and education: theory and best practice. - Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership "New Science", 2021. - Pp. 184-234. - DOI 10.46916/02032021-3-978-5-00174-150-3.

10. **Rastselueva, N. V.** Physical training at the initial stage as the basis for the safety of sports activities of mountain tourists / N. V. Rastselueva, A. S. Tarasov // Physical education and sport in modern society: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 50th anniversary of the Far Eastern State Academy of Physical Culture, March 24, 2017 / Edited by S. S. Dobrovolsky. - Khabarovsk: Far Eastern State Academy of Physical Culture, 2017. - P. 194-197.

11. **Лысенко, А. В.** Здоровье и долголетие спортсменов: состояние и перспективы в условиях кризиса олимпийских идеалов и ценностей / А. В. Лысенко, Д. С. Лысенко, В. Н. Федорец, В. С. Василенко // Медицина: теория и практика. – 2021. – Т. 6, № 4. – С. 3 – 11.

12. **Лысенко, Д. С.** Биомедицинский анализ факторов, влияющих на продолжительность жизни и долголетие высококвалифицированных спортсменов / Д. С. Лысенко, Л. Е. Киселева, А. В. Лысенко, А. В. Петров // Биомедицинская радиоэлектроника. 2018. № 4. С. 57 – 62.

11. **Lysenko, A.V.** Athletes' Health and Longevity: Status and Prospects in the Context of the Crisis of Olympic Ideals and Values / A.V. Lysenko, D.S. Lysenko, V.N. Fedorets, V.S. Vasilenko // Medicine: Theory and Practice. – 2021. – Vol. 6, No. 4. – Pp. 3–11.

12. **Lysenko, D. S.** Biomedical analysis of factors influencing the life expectancy and longevity of highly qualified athletes / D. S. Lysenko, L. E. Kiseleva, A. V. Lysenko, A. V. Petrov // Biomedical radioelectronics. 2018. No. 4. Pp. 57–62.

K.V. Korneev, T.G. Kirillova, V.S. Ivantsova

ENSURING HUMAN SAFETY DURING EXTREME SPORTS AND RECREATIONAL ACTIVITIES

Abstract. This article presents a review of current research on minimizing health and safety risks associated with extreme sports. It also highlights educational approaches for effectively preventing injuries and reducing the number of accidents in specific extreme sports (including sports and recreational activities).

Keywords: sports, safety, extreme conditions, educational conditions, health and life risks.

For citation: Korneev, K. V. Ensuring Human Safety During Extreme Sports and Recreational Activities / K. V. Korneev, T. G. Kirillova, V. S. Ivantsova // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 61–66. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_61.

Сведения об авторах

Корнеев Кирилл Викторович

Южный федеральный университет (ЮФУ)
студент
e-mail: kkorneev@sfedu.ru

Кириллова Татьяна Георгиевна

Южный федеральный университет (ЮФУ),
доцент,
e-mail: tgkirillova@sfedu.ru

Иванцова Виктория Станиславовна

Южный федеральный университет (ЮФУ),
студент,
e-mail: vivantsova@sfedu.ru

Information about the authors

Korneev Kirill Victorovich

Southern Federal University (SFU),
Student,
e-mail: kkorneev@sfedu.ru

Kirillova Tatiana Georgievna

Southern Federal University (SFU),
Associate Professor,
e-mail: tgkirillova@sfedu.ru

Ivantsova Victoria Stanislavovna

Southern Federal University (SFU),
Student,
e-mail: vivantsova@sfedu.ru

Е.В. Куцепалова, Д.С. Алешков, М.В. Суковин, Ю.Б. Чешагорова

ПОСТРОЕНИЕ БЛОЧНОЙ МАТРИЦЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА С УЧЕТОМ СОБЫТИЙ НИЖНИХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ

Аннотация. Рассматривается проблема повышения точности методов оценки профессиональных рисков. Чем проще метод, тем менее он точен и в большей степени зависит от эксперта, использующего его. Целью данной работы является оценка возможности использования матричного метода для оценки профессионального риска с учетом причин его возникновения. Демонстрируется возможность учета причин воздействия опасности упорядоченных деревом отказов, за счет блочной матрицы, что так же может быть интерпретировано, как альтернативная визуализация дерева отказов. В результате такого подхода, при сравнении результатов оценки профессионального риска, полученных методом Файна-Кинни и с использованием блочной матрицы, установлено что расхождение результатов составило от 9 до 12%.

Ключевые слова: дерево отказов, матричный метод, профессиональный риск, метод Файна-Кинни, блочная матрица.

Для цитирования: Построение блочной матрицы оценки профессионального риска с учетом событий нижних иерархических уровней / Е. В. Куцепалова, Д. С. Алешков, М.В. Суковин, Ю.Б. Чешагорова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 67–71. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_67.

Существующих методов оценки профессиональных рисков, достаточно большое количество, однако отличительной чертой всего этого множества является следующая тенденция: чем проще метод, тем больше его зависимость от субъективной оценки, и наоборот. Проблема заключается в том, чтобы минимизировать зависимость от субъективных решений эксперта, проводящего оценку профессиональных рисков, при сохранении простоты методы [1].

Основной целью данной работы является оценка возможности использования матричного метода для оценки профессионального риска с учетом причин его возникновения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- вероятностная оценка причин и ее ранжирование;
- представление ранжированных причин в виде блочной матрицы.

Материалами данных исследований являлись таблицы метода Файна-Кинни, «дерево отказов», согласно [2] и процедуры, согласно ГОСТ Р 58771-2019 [3], описывающие их использование при оценке профессионального риска.

В основе подходов матричного представления вероятностей воздействия опасностей с учетом их последствий лежит умножение вероятностей, наиболее ярким примером этого является метод Файна-Кинни [4]. В работе [5], указывается на связь между методом «дерево отказов» и тепловыми диаграммами, и демонстрируется подход позволяющий учитывать другие факторы, оставаясь в рамках матричного метода, через построение блочной матрицы.

Однако, подобные реализации ограничены верхними иерархическими уровнями событий, рассматриваемых в «деревах отказов», т.е. событиями, объединенными логическим условием «И». Рассмотрим возможности перехода на более низкие иерархические уровни и учета событий, приводящих к несчастному случаю на производстве,

объединенных логическими событиями «ИЛИ», в конструкции блочной матрицы для оценки профессиональных рисков.

На рис. 1 представлен фрагмент графа «дерево отказов» применительно к несчастному случаю на производстве.

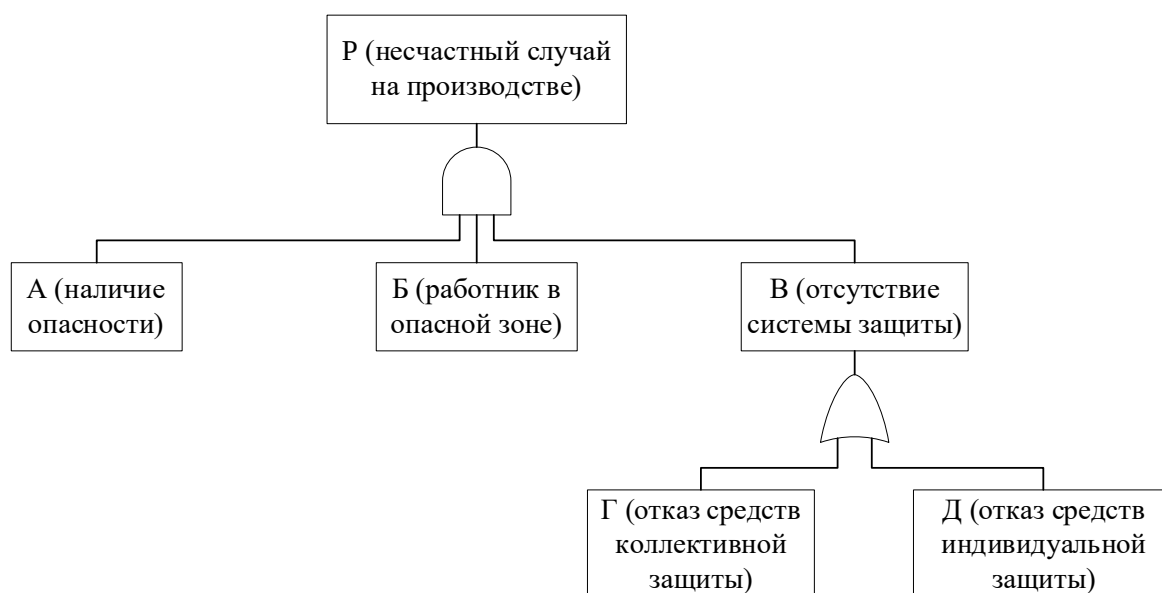


Рис. 1. Фрагмент древовидного графа применительно к несчастному случаю на производстве

Используя подход, описанный в [5], развернем событие «В» как одно из возможных событий «отказ СИЗ», «отказ СКЗ» (см. рис. 1). Данные события являются независимыми и при этом не образуют полную группу событий. Так же возможно их как совместное, так и несовместное наступление.

Для учета таких событий, вместо перемножения необходимо использовать известную формулу:

$$p_i = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - p_j),$$

где p_j – вероятности (баллы, б) наступления соответствующих событий; n – общее количество событий объединенных логическим условием «ИЛИ».

Использование данной формулы в некотором смысле усложняет процесс оценки профессионального риска. Однако, при выборе соответствующей шкалы, возможно достаточно легко осуществлять переход. Также возможен вариант использования переводной таблицы, или непосредственное сопоставление попадания в область риска на изображении блочной матрицы.

При построении блочной матрицы использовались следующие допущения:

- при построении блочной матрицы будем располагать шкалы значений событий «Д (отказ СИЗ)» и «Г (отказ СКЗ)» по одной стороне блочной матрицы, друг над другом;
- влияние согласованности вводимых шкал нижележащих событий не рассматривается;
- в силу коммутативности операции умножения расположение значений событий «А» и «Б» относительно сторон блочной матрицы не имеет значения.

Виды шкал для рассматриваемых событий нижнего уровня эквивалентны - вариант шкалирования событий «Д (отказ/отсутствие СИЗ)» и «Г (отказ/отсутствие СКЗ)», который представлен в таблице.

Таблица

Шкалы событий «Д (отказ СИЗ)» и «Г (отказ СКЗ)»

Категория, <i>i</i>	Значение, <i>б_j</i> , балл		
	Низкая вероятность	Средняя вероятность	Высокая вероятность
отказ/отсутствие СИЗ	1	4	8
отказ/отсутствие СКЗ	1	4	8

Очевидным становится то, что при реализации формул определения величины профессионального риска, максимально возможные конечные значения будут иметь порядок равный 10^6 . Для изменения порядка воспользуемся операцией деления на 1000. Это так же позволит использовать те же градации уровней профессионального риска, которые приняты в методе Файна-Кинни [4].

На рис. 2 представлена результирующая блочная матрица оценки профессионального риска, *R*. Значения, *R*, блочной матрицы рассчитывались по формуле:

$$R = 10^{-2} \cdot \pi \cdot b_A \cdot b_B \cdot \left[100 - \prod_{j=1}^n (10 - b_j) \right]$$

где π – значение последствий по шкале метода Файна-Кинни, балл; b_A – значение вероятности по шкале метода Файна-Кинни, балл; b_B – значение подверженности по шкале метода Файна-Кинни, балл.

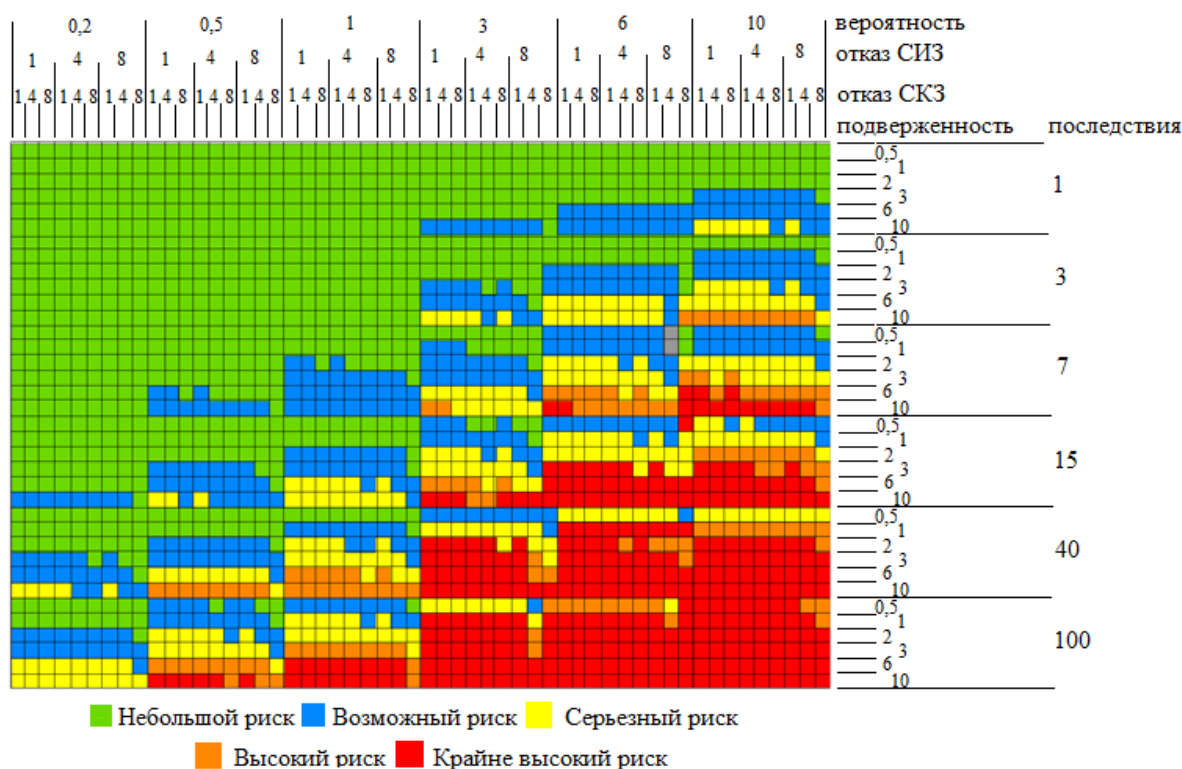


Рис. 2. Блочная матрица оценки профессионального риска

Анализ значений, совпадающих по шкале «профессиональный риск» при исходных значениях шкал для, b_A , b_B , и, π , со значениями, получаемыми при использовании шкал

блочной матрицы, показал, что наблюдается расхождение значений. Так для «крайне высокого риска» - 12% значений не попадают в эту область при использовании блочной матрицы, при использовании метода Файна-Кинни они наоборот попадают в область «крайне высокий риск».

Для области «небольшой риск», при использовании блочной матрицы 9% значений выходят за границы этой области, попадая в область «возможный риск».

Учет событий нижележащих иерархических уровней, в контексте блочной матрицы, представляет собой альтернативный вариант визуализации дерева отказов в виде тепловой диаграммы. Что указывает на возможность взаимно однозначного соответствия результатов рассматриваемых методов и связь между ними.

Таким образом, блочная матрица позволяет учитывать специфику условий и факторов трудового процесса в более явном виде, и учитывать их непосредственное влияние на точность оценок величины профессионального риска на рабочих местах. Использование блочной матрицы усложняет визуальную интерпретацию профессионального риска. Необходимо описание алгоритма, позволяющего сделать менее громоздкой блочную матрицу, описание условий, позволяющих проводить обратное редуцирование блочной матрицы к обычной, без искажения конечного результата, и оценка степени влияния вида шкал событий нижних иерархических уровней на конечные значения профессионального риска.

Список литературы

1. Скакунов, Д. А. О возможности построения «дерева отказов» с учетом оценки семантической близости событий / Д. А. Скакунов // Техносферная безопасность : Тезисы докладов II Всероссийской научной конференции, 12–14 ноября 2025 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, 2026. – С. 194-197
2. Учет влияния человеческого фактора на профессиональные риски при использовании метода дерева отказов / Д. С. Алешков, Н. Ю. Аюпова, Е. В. Бакико [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2025. – № 10. – С. 32-38. – DOI 10.24000/0409-2961-2025-10-32-38
3. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. – М.: ФГБУ "Институт стандартизации", 2022
4. Об оценке возможности использования метода дерева отказов и метода Файна-Кинни при оценке профессиональных рисков / Д. С. Алешков, М. В. Суковин, Е. В. Куцепалова, О. Г. Бачина // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2(67). – С. 12-18.

References

1. Skakunov, D. A. On the possibility of constructing a "fault tree" taking into account the assessment of the semantic proximity of events / D. A. Skakunov // Technosphere safety: Abstracts of reports of the II All-Russian scientific conference, St. Petersburg, November 12-14, 2025. - St. Petersburg: St. Petersburg Mining University of Empress Catherine II, 2026. - Pp. 194-197
2. Accounting for the influence of the human factor on professional risks when using the fault tree method / D. S. Aleshkov, N. Yu. Ayupova, E. V. Bakiko [et al.] // Occupational safety in industry. - 2025. - No. 10. - Pp. 32-38. – DOI 10.24000/0409-2961-2025-10-32-38
3. GOST R 58771-2019. Risk Management. Risk Assessment Technologies. – Moscow: Federal State Budgetary Institution "Institute of Standardization", 2022
4. On the assessment of the possibility of using the fault tree method and the Fine-Kinney method in assessing professional risks / D. S. Aleshkov, M. V. Sukovin, E. V. Kutsepalova, O. G. Bachina // Proceedings of the Rostov State Transport University. - 2024. - No. 2 (67). - P. 12-18.

Y.V. Kutsepalova, D.S. Aleshkov, M.V. Sukovin, Yu.B. Cheshagorova

CONSTRUCTION OF A BLOCK MATRIX FOR ASSESSING PROFESSIONAL RISK TAKING INTO ACCOUNT EVENTS OF LOWER HIERARCHICAL LEVELS

Abstract. This paper examines the problem of improving the accuracy of occupational risk assessment methods. The simpler the method, the less accurate it is and the more dependent it is on the expert using it. The goal of this paper is to evaluate the feasibility of using a matrix method for assessing occupational risk, taking into account its causes. It demonstrates the feasibility of accounting for the causes of hazard impacts organized by a fault tree using a block matrix, which can also be interpreted as an alternative visualization of the fault tree. As a result of this approach, when comparing the results of the professional risk assessment obtained by the Fine-Kinney method and using a block matrix, it was found that the discrepancy between the results was from 9 to 12%.

Keywords: fault tree, matrix method, professional risk, Fine-Kinney method, block matrix.

For citation: Construction of a Block Matrix for Assessing Professional Risk Taking into Account Events of Lower Hierarchical Levels / E. V. Kutsepalova, D. S. Aleshkov, M. V. Sukovin, Yu. B. Cheshagorova // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 67–71. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_67.

Сведения об авторах

Куцепалова Елена Викторовна

ООО «ЛИТ»,

директор,

e-mail: elenn_k@mail.ru

Алешков Денис Сергеевич

Омский государственный технический университет (ОмГТУ),

кафедра «Промышленная экология и безопасность», доктор технических наук, доцент, профессор

e-mail: denisaleshkov@mail.ru

Суковин Михаил Владимирович

Омский государственный технический университет (ОмГТУ),

кафедра «Промышленная экология и безопасность»,

кандидат технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой,

e-mail: sukovin_8@mail.ru

Чешагорова Юлия Борисовна

Омский государственный технический университет (ОмГТУ),

кафедра «Промышленная экология и безопасность», аспирант,

e-mail: pss.otm@mail.ru

Information about the authors

Kutsepalova Yelena Viktorovna

LLC «LIT»,

Director,

e-mail: elenn_k@mail.ru

Aleshkov Denis Sergeevich

Omsk State Technical University (OmSTU),

Chair «Industrial Ecology and Safety»,

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor,

e-mail: denisaleshkov@mail.ru

Sukovin Mikhail Vladimirovich

Omsk State Technical University (OmSTU),

Chair «Industrial Ecology and Safety»,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Chair,

e-mail: sukovin_8@mail.ru

Cheshagorova Yulia Borisovna

Omsk State Technical University (OmSTU),

Chair «Industrial Ecology and Safety»,

Postgraduate Student,

e-mail: pss.otm@mail.ru

А.В. Лысенко, Н.С. Дошук

СКАЛОЛАЗАНИЕ КАК ВИД СПОРТА И АКТИВНОГО ОТДЫХА: ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ СУБЪЕКТА ТРУДА

Аннотация. Систематизированы полезные эффекты занятий скалолазанием с точки зрения возможностей формирования и развития стрессоустойчивости и конкурентоспособности представителей современной цифровой цивилизации, а также для повышения профессиональной надежности индивида как субъекта труда.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, профессиональная надежность, профессиональное долголетие, скалолазание, стрессоустойчивость.

Для цитирования: Лысенко, А. В. Скалолазание как вид спорта и активного отдыха: возможности формирования и развития профессиональной надежности субъекта труда / А. В. Лысенко, Н. С. Дошук // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 72–77. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_72.

Актуальность. Скалолазание как вид спорта и активного отдыха зародился не так давно, однако за последнее время уже успел набрать широкую популярность и стать олимпийским видом спорта. Изначально скалолазание было составной частью альпинизма. Практиковался данный вид спорта лишь на естественном рельефе и на коротких скальных участках. Сейчас данный вид спорта и активности стал самостоятельным, а спортсмены и любители начали тренироваться на искусственных рельефах, скалодромах, выезжая на естественные скальные массивы лишь изредка. Практически в любом крупном городе можно встретить скалодромы, клубы и секции по скалолазанию. Специалисты отмечают большое количество полезных эффектов занятий скалолазанием как для детей, так и для взрослых [1]. В большом количестве экспериментальных исследований показано разностороннее позитивное влияние занятий данным видом спорта на организм людей разного возраста (здоровых и имеющих различные заболевания), причем подчеркивается, что формирующиеся в результате тренировок разнообразные качества личности и приобретенные навыки оказываются весьма полезными для применения как в повседневной жизни, так и во многих сферах профессиональной деятельности [2]. Наиболее привлекательным на наш взгляд является повышение уровня стрессоустойчивости и физической выносливости при систематических занятиях скалолазанием [3, 4], поскольку данные эффекты особенно востребованы в современном цифровом обществе, где многие «блага» цивилизации и технологические новинки не только повышают комфорт и качество жизни, но и создают такие риски для здоровья и долголетия как недостаток двигательной активности, стрессогенное действие искусственной освещенности, переизбытка информации и многие другие [3, 5 - 7].

Цель исследования: систематизировать полезные эффекты занятий скалолазанием с точки зрения возможностей формирования и развития стрессоустойчивости и конкурентоспособности представителей современной цифровой цивилизации и профессиональной надежности индивида как субъекта труда.

Результаты исследования. Анализ литературы и наш собственный опыт показывает, что скалолазание в некотором смысле относится к экстремальным видам спорта, где важнейшим условием занятий является соблюдение техники безопасности [3].

Однако, соблюдение всех правил дает основания говорить о безопасности тренировочной и соревновательной деятельности в таких секциях [3, 8], что позволяет привлекать к начальным этапам тренировок даже дошкольников, хотя участие в соревнованиях разрешено с 10 – летнего возраста. На рисунках 1 и 2 схематично (на основе данных анализа научной литературы и результатов собственных исследований) представлены позитивные эффекты занятий скалолазанием в контексте укрепления различных компонентов здоровья и развития качеств, критически важных для широкого спектра профессиональной деятельности [1 – 4, 8].

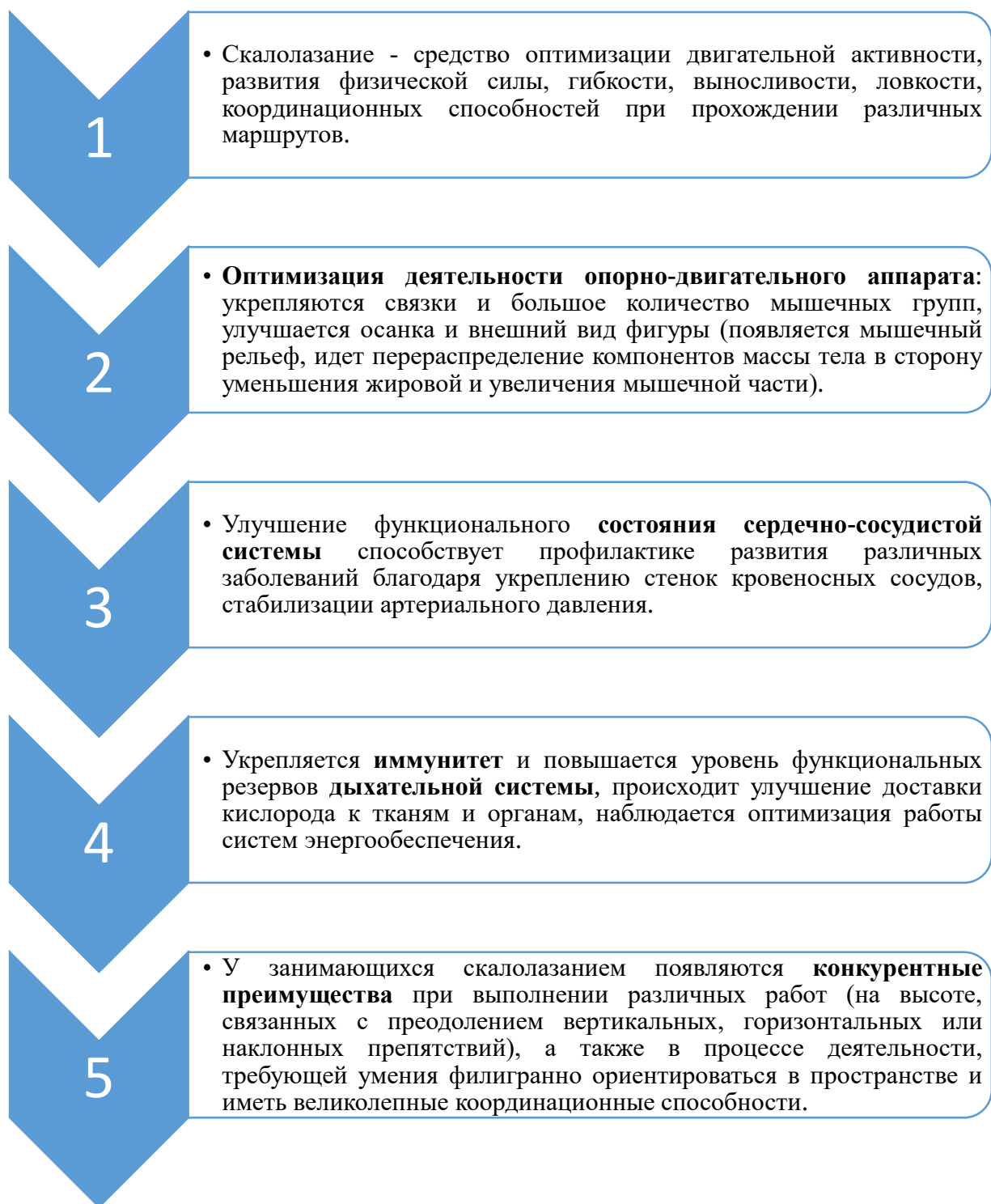


Рис. 1. Позитивное влияние скалолазания на некоторые компоненты физического здоровья и профессиональной надежности



Рис. 2. Позитивное влияние скалолазания на некоторые компоненты психического и социального здоровья и профессиональной надежности

Как видно из данных, представленных на рисунках 1 и 2, положительные эффекты занятий скалолазанием могут оказаться полезными как для сохранения и укрепления здоровья, так и для преодоления различных патологических состояний. Многие авторы подтверждают огромный прогресс при различных недугах в результате систематических тренировок, например [2, 9, 10]:

- диспраксия – психическое расстройство, вероятно возникающее за счет недоразвития нейронов мозга (патологическая неуклюжесть с повышенной утомляемостью и плохой памятью, что негативно влияет на способность к обучению и социальную адаптацию);
- детский церебральный паралич, расстройства аутистического спектра и задержка психического развития (адаптивное скалолазание способствует социальной адаптации, развитию уверенности в себе, улучшению двигательных навыков);
- синдром дефицита внимания с гиперактивностью (скалолазание способствует улучшению параметров памяти, внимания, успеваемости учащихся, развивает способность контролировать эмоции).

Заключение. Исходя из определения профессиональной надежности как одного из компонентов личностных характеристик субъектов труда, можно заключить, что занятия детей и взрослых таким видом спорта как скалолазание дает им неоспоримые конкурентные преимущества как на рынке труда, так и в социально – бытовой сфере, что в конечном итоге способствует сохранению и укреплению здоровья, профилактике возникновения конфликтных ситуаций, профессиональных заболеваний и травматизма. Необходимо также подчеркнуть перспективность скалолазания в контексте достижения активного долголетия, управления скоростью старения и сохранения на более длительный период профессиональной трудоспособности, поскольку вестибулярная устойчивость и качество функции равновесия являются важнейшими параметрами биологического возраста [11], а снижение тревожности и повышение стрессоустойчивости под влиянием различных воздействий рассматривается как геропротекторный эффект [12].

Список литературы

1. Голубева, О. А. Скалолазание как средство профессионально – прикладной физической культуры студентов института горного дела и транспорта / О. А. Голубева, О. В. Светоус, Д. А. Чечеткина // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2025. – Т. 16, №2. – С. 70 – 73.
2. Степанова, И. С. Скалолазание для людей с нарушениями координации / И. С. Степанова, В. П. Карлина // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2020. - №3 (19). – С. 63 – 75. DOI: 10.14258/zosh(2020)3.6
3. Тихонович, М. И. Скалолазание как вид эффективного и результативного фитнеса / М. И. Тихонович, А. Ф. Мирзоева // Научные записки Академии. – 2024. – Т. 15, №3. – С. 23 – 26. DOI: 10.36683/nz51.23-26
4. Николаев, С. А. Скалолазание как альтернативный вид активного туризма, его влияние на жизнь сотрудника полиции //

References

1. Golubeva, O. A. Rock climbing as a means of professional and applied physical education of students of the Institute of Mining and Transport / O. A. Golubeva, O. V. Svetous, D. A. Chechetkina // Actual problems of modern science, technology and education. - 2025. - Vol. 16, No. 2. - Pp. 70 - 73.
2. Stepanova, I. S. Rock climbing for people with coordination disorders / I. S. Stepanova, V. P. Karlina // Human health, theory and methodology of physical education and sports. - 2020. - No. 3 (19). - Pp. 63 - 75. DOI: 10.14258/zosh(2020)3.6
3. Tikhonovich, M. I. Rock climbing as a type of effective and efficient fitness / M. I. Tikhonovich, A. F. Mirzoeva // Scientific notes of the Academy. – 2024. – Vol. 15, No. 3. – Pp. 23 – 26. DOI: 10.36683/nz51.23-26
4. Nikolaev, S. A. Rock climbing as an alternative type of active tourism, its impact

Наука – 2020. – 2024. - №3 (70). – С. 140 – 144.

5. **Лысенко, А. В.** Здоровье и долголетие спортсменов: состояние и перспективы в условиях кризиса олимпийских идеалов и ценностей / А.В. Лысенко, Д.С. Лысенко, В.Н. Федорец, В.С. Василенко // Медицина: теория и практика. – 2021. – Т.6, №4. – С. 3 – 11.

6. **Лысенко, Д. С.** Активное и здоровое долголетие: надежды, разочарования, перспективы/ Д. С. Лысенко, А. В. Лысенко, В. Н. Федорец, А. В. Арутюнян // University Therapeutic Journal. - 2023. - Т. 5. № 2. - С. 57-67. DOI: 10.56871/UTJ.2023.74.66.005

7. **Лысенко, Д. С.** Ускоренное старение как риск цифровизации образования: возможности профилактики / Д. С. Лысенко, А. В. Лысенко, Л. А. Сорокина, Л. А. Буйнов, А.В. Арутюнян // Успехи геронтологии. - 2022. - Т. 35, № 1. - С. 61–67.

8. **Савельева, О. В.** Скалолазание как современный вид спорта / О. В. Савельева, В. Р. Халиков // OlymPlus. Гуманитарная версия. – 2025. - №2 (21). – С. 81 – 84.

9. **Новичкова, М. А.** Адаптивное скалолазание в школе для детей с ограниченными возможностями здоровья // Физическая культура в школе. – 2025. - №5. – С. 28 – 30. DOI: 10.47639/0130-5581_2025_5_28-30

10. **Харина, И. Ф.** Педагогическое управление спортивной деятельностью лиц с патологиями внимания / И. Ф. Харина, Р. Х. Аминов // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. – 2022. - №3. – С. 111 – 118. DOI: 10.24412/2305-8404-2022-3-111-118

11. **Финоченко, Т. А.** Неблагоприятные условия труда как фактор преждевременного старения работников локомотивных бригад / Т. А. Финоченко, В. А. Мамченко, Л. С. Козина, А. В. Лысенко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2007. - №4 (28). – С. 104 – 110.

on the life of a police officer // Science – 2020. – 2024. - No. 3 (70). – Pp. 140 – 144.

5. **Lysenko, A. V.** Health and longevity of athletes: status and prospects in the context of the crisis of Olympic ideals and values / A. V. Lysenko, D. S. Lysenko, V. N. Fedorets, V. S. Vasilenko // Medicine: theory and practice. – 2021. – Vol. 6, No. 4. – Pp. 3 – 11.

6. **Lysenko, D. S.** Active and healthy longevity: hopes, disappointments, prospects / D. S. Lysenko, A. V. Lysenko, V. N. Fedorets, A.V. Arutyunyan // University Therapeutic Journal. - 2023. - Vol. 5. No. 2. P. 57-67. DOI: 10.56871/UTJ.2023.74.66.005

7. **Lysenko, D. S.** Accelerated aging as a risk of digitalization of education: possibilities of prevention / D. S. Lysenko, A. V. Lysenko, L.A. Sorokina, L. A. Buynov, A.V. Arutyunyan // Advances in Gerontology. - 2022. - Vol. 35, No. 1. - P. 61–67.

8. **Savelyeva, O. V.** Rock climbing as a modern sport / O. V. Savelyeva, V. R. Khalikov // OlymPlus. Humanitarian version. - 2025. - №2 (21). - Pp. 81 - 84.

9. **Novichkova, M. A.** Adaptive rock climbing at school for children with disabilities // Physical education at school. - 2025. - №5. - Pp. 28 - 30. DOI: 10.47639/0130-5581_2025_5_28-30

10. **Kharina, I. F.** Pedagogical management of sports activities of persons with attention pathologies / I. F. Kharina, R. Kh. Aminov // Bulletin of Tula State University. Physical Education. Sport. - 2022. - №3. – P. 111 – 118. DOI: 10.24412/2305-8404-2022-3-111-118

11. **Finochenko, T. A.** Unfavorable working conditions as a factor in premature aging of locomotive crew workers / T. A. Finochenko, V. A. Mamchenko, L. S. Kozina, A. V. Lysenko // Bulletin of the Rostov State University of Railway Engineering. – 2007. - No. 4 (28). – P. 104 – 110.

A.V. Lysenko, N.S. Doshchuk

**ROCK CLIMBING AS A TYPE OF SPORT AND ACTIVE RECREATION:
POSSIBILITIES FOR THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL
RELIABILITY OF THE SUBJECT OF LABOR**

Abstract. The beneficial effects of rock climbing are systematized in terms of the potential for developing stress resilience and competitiveness in individuals in today's digital civilization. Prospects for expanding the use of rock climbing to enhance individual professional reliability are discussed.

Keywords: life safety, professional reliability, professional longevity, rock climbing, stress resistance.

For citation: Lysenko, A. V. Rock Climbing as a Type of Sport and Active Recreation: Possibilities for the Formation and Development of Professional Reliability of the Subject of Labor / A. V. Lysenko, N. S. Doshchuk // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 72–77. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_72.

Сведения об авторах

Лысенко Алла Викторовна

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

Дошук Николай Сергеевич

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

Information about the authors

Lysenko Alla Viktorovna

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

Doshchuk Nikolai Sergeevich

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

А.А. Порческо

УСЛОВИЯ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ СНЕГООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

В статье рассматриваются условия труда операторов снегоочистительных машин, эксплуатируемых на железнодорожном транспорте. Выявлены и систематизированы основные неблагоприятные производственные факторы: низкие температуры, повышенный уровень шума и вибрации, психоэмоциональное напряжение, связанное с жестким графиком движения поездов, а также механические риски при работе с гидравлическими системами высокого давления. Особое внимание уделено специфике работы на стрелочных переводах и в горловинах станций, где требуется максимальная концентрация и точность управления. Проанализированы результаты исследований, подтверждающие превышение санитарных норм по шуму и вибрации на рабочих местах операторов. Обоснована актуальность снижения виброакустического воздействия, предложены конструктивные и организационные меры повышения безопасности и комфорта труда.

Ключевые слова: условия труда, снегоочистительная машина, железнодорожный транспорт, шум, вибрация, психоэмоциональное напряжение.

Для цитирования: Порческо, А. А. Условия труда операторов снегоочистительных машин / А. А. Порческо // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 78–83. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_78.

Работа оператора снегоочистительной техники сопряжена с целым рядом специфических факторов, которые в совокупности формируют особые условия профессиональной деятельности. Эти условия оказывают прямое влияние на физическое состояние, психоэмоциональный фон и общую работоспособность сотрудника. Важно понимать, что данная профессия относится к категории занятости с повышенным уровнем ответственности и требует от человека не только технических навыков, но и устойчивости к неблагоприятным воздействиям среды [1,2].

Условия труда операторов железнодорожных снегоочистительных машин отличаются от работы их коллег на автомобильных трассах принципиально. Сама среда обитания – железная дорога – диктует правила. Это не просто дорога, а конвейер, разорвать который нельзя. Остановка состава на перегоне, особенно в снежный занос, является уже не рабочей ситуацией, а аварией с тяжелыми последствиями для всего движения. Поэтому менталитет оператора снегоочистителя на железной дороге гораздо ближе к менталитету машиниста локомотива: абсолютная дисциплина, жесткое соблюдение графика и готовность к немедленному реагированию по команде диспетчера.

Первый и, пожалуй, самый специфический фактор – это работа в жесткой сцепке с графиком движения поездов. Оператор получает «окно» – строго ограниченный промежуток времени, в течение которого его машина может выходить на перегон. Любая задержка, любой простой из-за технической неисправности ведет к срыву графика. Это создает колоссальное психологическое давление: нужно убрать объем снега, который в обычных условиях убирали бы несколько часов, за два часа, при этом не нарушив регламент и не повредив путь. Скорость принятия решений здесь максимальна и ответственность значительно возрастает [3-5].

Условия видимости являются вторым критическим аспектом. В отличие от водителя грузовика, железнодорожный оператор смотрит не просто вперед на дорогу, а на бесконечную рельсовую нить, уходящую за горизонт. Снежная буря здесь превращается в белую стену, сквозь которую нужно интуитивно угадывать профиль пути, поэтому оператору приходится полагаться на знание маршрута, на схему стрелочных переводов, которую он должен держать в голове. Малейшая ошибка в оценке расстояния до стрелки – и тяжелая машина может сойти с рельсов или завалить стрелочный перевод металлом, заблокировав движение на узле.

Физические нагрузки на железнодорожном снегоочистителе распределены неравномерно. Это не сидение за рулем в привычном понимании. Основные модели – это роторные снегоочистители, плужные машины на базе тяжелых платформ. Работа педалями и рычагами здесь требует высокой точности и усилия одновременно. Оператор должен синхронизировать скорость движения со скоростью вращения ротора. Если снег глубокий и тяжелый – скорость нужно мгновенно сбрасывать, чтобы не сжечь двигатель, но при этом нельзя останавливаться, иначе начнешь пробуксовывать и закапываться. Вибрация от работы дизеля и ротора на железнодорожной машине выше, чем на автомобильной. Специфический низкочастотный гул, который не проходит через наушники, а ощущается телом, сопровождает смену постоянно.

Отдельная тема – это стрелочные переводы и горловины станций. Это не широкое полотно, а лабиринт рельсов, балласт, крестовины. Оператору нужно чистить не просто верхнюю часть рельса, а внутреннюю полость колеи, куда забивается снег, а затем леденеет. Работа маневровых снегоочистителей на станциях – это высший пилотаж, так как после них стрелки должны переводиться без заеданий. Приходится работать в режиме «туда-сюда», по несколько раз проходить один и тот же участок, изменяя угол отвала. Это требует огромной концентрации, так как вокруг движутся другие составы, светофоры и сигналисты с флажками.

Эксплуатация снегоочистительных машин сопряжена с комплексом неблагоприятных факторов: воздействие вибрации и шума, работа с гидравлическими системами высокого давления (до 300 атмосфер), необходимость точного управления рабочими органами в сложных погодных условиях (снегопад, низкие температуры, ограниченная видимость). Работа оператора снегоочистительной техники сопряжена с целым рядом специфических факторов, которые в совокупности формируют особые условия профессиональной деятельности. Эти условия оказывают прямое влияние на физическое состояние, психоэмоциональный фон и общую работоспособность сотрудника. Важно понимать, что данная профессия относится к категории занятости с повышенным уровнем ответственности и требует от человека не только технических навыков, но и устойчивости к неблагоприятным воздействиям среды.

Самым очевидным и неустранимым производственным фактором является воздействие внешней среды [3]. Оператор вынужден длительное время находиться в условиях низких температур, повышенной влажности и сильного ветра. Даже при наличии кабины с отоплением, постоянный контакт с холодным воздухом при открывании дверей или осмотре механизмов, а также перепады температур при входе и выходе из машины создают серьезную нагрузку на организм.

К железнодорожной специфике относится использование песка для увеличения сцепления, и снегоочиститель часто работает в смеси снега с песком, которая забивает воздушные фильтры и системы охлаждения. Оператор должен регулярно останавливаться, выходить наружу и вручную очищать жалюзи радиатора от этой смеси, что в минус сорок градусов делает перерывы не отдыхом, а испытанием. Это чревато переохлаждением, обострением хронических заболеваний дыхательных путей и опорно-двигательного аппарата. К тому же работа зачастую ведется в ночное время или в условиях плохой видимости (метель, снегопад, сумерки), что добавляет дополнительное напряжение на зрение.

Следующий важный фактор – повышенный уровень шума и вибрации. Двигатель внутреннего сгорания, гидравлические системы и сам рабочий орган снегоочистителя создают

интенсивный шум, который при длительном воздействии может привести к снижению слуха. Вибрация, передающаяся через сиденье и органы управления, воздействует на позвоночник, суставы рук и внутренние органы. Это так называемая локальная и общая вибрация, которая является профессиональной вредностью. Производители стараются минимизировать эти воздействия системами амортизации и шумоизоляции, однако полностью исключить их не удается.

Исследования, проведенные на всей сети железных дорог РФ в 2018 г. [6, 7] показали, что более половины машинистов и др. работников локомотивных бригад жалуются на повышенный шум (51%) и вибрацию (52%) непосредственно в кабине машиниста. В исследовании приняло участие более 10 тыс. работников локомотивных бригад. Так, например, исследование условий труда машинистов самоходного подвижного состава, проведенные преимущественно на тепловозах серий 2ТЭ116, 2ТЭ10М и 2ТЭ10МК, показали существенное превышение уровня шума (на 4 – 15 дБ) в диапазоне частот от 63 до 100 Гц и вибрации практически во всех диапазонах частот. Доля рабочих мест, на которых фиксировались такие превышения санитарных норм составили почти 30%. По мнению, других исследователей не соответствуют нормативным требованиям вибрации почти 12 % рабочих мест машинистов железнодорожного подвижного состава. Авторами [8] выявлено, что из всего количества рабочих мест, на которых превышена предельно допустимая норма, она превышалась в 2 раза в 87 % случаев, а в 30 % случаев превышение составляло до 3 раз.

В связи с выше сказанным, задача по поиску путей снижения шума и вибрации на производстве в целом и в путевом хозяйстве железнодорожного транспорта в частности является достаточно актуальной. Например, в работе [3] показано, что при снижении уровня звука с 96 до 86 дБА, производительность труда увеличивалась на 12 %.

Для данной группы работников ключевыми профессиональными заболеваниями можно считать нейросенсорную тугоухость [6] и вибрационную болезнь [9]. Эти недуги развиваются при продолжительном воздействии шума и вибрации, уровень которых превышает допустимые нормы. Низкая температура воздуха на рабочем месте и физические перегрузки ускоряют процесс их возникновения. Как правило, такие расстройства встречаются у сотрудников с опытом работы свыше 20 лет и возрастом от 50 лет и старше. Воздействие вибрации также провоцирует другие патологии, среди которых наиболее распространены нарушения в сосудистой и костно-мышечной системах, ухудшение зрения, развитие дальтонизма, нервно-рефлекторные расстройства, хронический пояснично-крестцовый радикулит и подобные состояния.

Таким образом, производственные факторы, возникающие при эксплуатации железнодорожных снегоочистительных машин, делятся на три основные группы: механические риски, связанные с гидравлической системой высокого давления; вибрационное воздействие на организм человека; и акустическое загрязнение, вызванное работой силового агрегата и гидронасосов.

Механические риски при эксплуатации плунжерных машин наиболее очевидны. Гидроцилиндры и трубопроводы высокого давления при разгерметизации способны выбрасывать струю масла с температурой до 80⁰С и скоростью, достаточной для пробития кожного покрова. Для предотвращения таких инцидентов все гидравлические магистрали защищаются стальными кожухами и рукавами с армированием из нержавеющей стали. Системы управления оснащаются предохранительными клапанами, которые сбрасывают давление при превышении рабочего порога. Критически важным является установка двух независимых цепей аварийной остановки: одна отключает насос высокого давления, вторая механически блокирует движение плунжера.

Виброакустическая безопасность – второй по значимости аспект для плунжерных машин. Генерация вибрации в них имеет сложную природу. Основными источниками являются: возвратно-поступательное движение плунжера, создающее ударные импульсы при контакте со снегом; работа дизельного двигателя и гидронасосов; резонансные колебания

корпуса машины, возникающие при сжатии снега до критической плотности. Исследования показывают, что уровень общей вибрации на сиденье оператора может достигать 3–4 м/с² по оси Z, что превышает предельно допустимые значения для 8-часовой рабочей смены. Для снижения вибрационного воздействия производители применяют многоступенчатую систему демпфирования. Сиденье оператора устанавливается на гидравлических опорах с частотой собственных колебаний ниже 1,5 Гц, что позволяет гасить низкочастотные толчки. Платформа кабины изолируется от шасси с помощью резинометаллических виброизоляторов и пневматических подушек с автоматической регулировкой жесткости. Особое внимание уделяется виброизоляции плунжера: между цилиндром и корпусом устанавливаются эластомерные демпферы, снижающие передачу ударных импульсов на раму.

Акустическая безопасность представляет еще более серьезную проблему. Уровень шума в кабине плунжерной машины при интенсивной работе достигает 95–105 дБА, что превышает предельно допустимый уровень для производственных помещений (80 дБА) и тем более для рабочих мест на открытом воздухе. Дизельный двигатель генерирует шум в диапазоне 63–500 Гц, гидронасосы создают высокочастотное шипение до 8000 Гц. Наибольшее акустическое давление возникает в момент выброса спрессованного снега: удар брикета о стенки направляющего желоба создает пиковые значения до 115 дБА.

Шумозащита реализуется по трем направлениям: пассивная звукоизоляция кабины, активное шумоподавление и организационные меры. Кабины современных машин имеют многослойную конструкцию: наружная стальная панель, слой минераловатной плиты толщиной не менее 50 мм, свинцово-виниловая мембрана и внутренняя перфорированная облицовка. Двойные стеклопакеты с тонированным стеклом обеспечивают дополнительную звукоизоляцию до 40 дБ. Двигатель и гидронасосы заключаются в частичные кожухи, облицованные пенополиуретаном с закрытыми порами. Выпускная система оборудуется глушителем шума всасывания и выхлопа с камерами расширения, снижающими уровень шума двигателя на 15–20 дБ.

Психоэмоциональный фон также имеет свою специфику. Важнейшим фактором является социальная изоляция. Оператор долгие часы находится один в кабине, отрезанный от внешнего мира, кроме редкой радиосвязи с диспетчером. Разговоры короткие, командные. Долгие часы монотонного полотна, особенно ночью, когда полная луна отражается от снега, создают иллюзию движения в никуда. Некоторые опытные операторы говорят, что у них развивается «рельсовый гипноз» – состояние, когда глаза фиксируются на блеске рельса, и время перестает ощущаться.

В итоге, условия труда оператора железнодорожного снегоочистителя – это симбиоз высокой технической культуры и архаичного физического выживания в холоде. Он не просто убирает снег, он восстанавливает и поддерживает целостность транспортной артерии в условиях, когда природа её разрывает. Он должен быть одновременно механиком, навигатором и стратегом. Это работа для тех, кто ценит точность и дисциплину выше комфорта, и кто готов взять на себя ответственность за движение тысяч пассажиров, оставаясь один на один с белой пустыней и лязгом металла.

Новые модели оснащаются климат-контролем с регулировкой по зонам, подогревом сидений и руля, улучшенной шумоизоляцией и системами помощи водителю. Камеры заднего вида, датчики препятствий, автоматизированные системы регулировки отвала по высоте – все это снижает физическую нагрузку и частично снимает когнитивное напряжение. И все же основа профессии остается прежней: это ежедневное преодоление усталости, холода и однообразия во имя одной цели – чтобы дорога была чистой и безопасной.

Список литературы

1. **Баланов, И. А.** Безопасный труд при эксплуатации железнодорожного подвижного состава / И. А. Баланов, Ю. А.

References

1. **Balanov, I. A.** Safe work during operation of railway rolling stock / I. A. Balanov, Yu. A. Antonov, I. A. Yaitskov // Trudy

Антонов, И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2(67). – С. 19-24.

2. **Финоченко, Т. А.** Влияние неустранимых вредных производственных факторов, влияющих на машинистов локомотивов / Т. А. Финоченко, И. Г. Переверзев, А. В. Финоченко // Транспорт и логистика: инновационная инфраструктура, интеллектуальные и ресурсосберегающие технологии, экономика и управление : сборник научных трудов II международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 07-08 февраля 2018 года. – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2018. – С. 401-403.

3. **Павлов, И. М.** Анализ влияния вредных и опасных факторов на здоровье работников железнодорожного транспорта / И. М. Павлов, А. Е. Сарсенов, З. А. Утарова // Наука и образование. – 2022. – № 2-2(67). – С. 214-222.

4. Динамика производственного риска и показателей профессиональной заболеваемости работников железнодорожного транспорта / М.Ф. Вильк, Ю. Н. Каськов, В. А. Капцов, В. Б. Панкова // Медицина труда и экология человека. – 2020. – № 1(21). – С. 49-59. – DOI 10.24411/2411-3794-2020-10105

5. Медико-социальная характеристика и производственные факторы риска работников локомотивных бригад / Е. А. Жидкова, Е. М. Гутор, М. Ф. Вильк [и др.] // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 12. – С. 1380-1385. – DOI 10.47470/0016-9900-2020-99-12-1380-1385.

6. Регулирование профессионально – ассоциированных производственных воздействий на работников железнодорожного транспорта: опыт России и других стран / В. А. Логинова, Ю. Н. Каськов [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 1. – С. 173-185. – DOI 10.21668/health.risk/2021. 1.18.

7. **Самарская, Н. А.** Обеспечение безопасных условий труда и защита здоровья работников железнодорожного транспорта / Н. А. Самарская, С. М. Ильин //

Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. - 2024. - No. 2 (67). - P. 19-24.

2. **Finochenko, T. A.** The influence of unavoidable harmful production factors affecting locomotive drivers / T. A. Finochenko, I. G. Pereverzev, A. V. Finochenko // Transport and logistics: innovative infrastructure, intelligent and resource-saving technologies, economics and management: collection of scientific papers of the II international scientific and practical conference, Rostov-on-Don, February 7-8, 2018. - Rostov-on-Don: Rostov State University of Railway Engineering, 2018. - Pp. 401-403.

3. **Pavlov, I. M.** Analysis of the impact of harmful and hazardous factors on the health of railway workers / I. M. Pavlov, A. E. Sarsenov, Z. A. Utarova // Science and education. - 2022. - No. 2-2 (67). - Pp. 214-222.

4. Dynamics of industrial risk and indicators of occupational morbidity of railway workers / M. F. Vilk, Yu. N. Kaskov, V. A. Kaptsov, V. B. Pankova // Occupational Medicine and Human Ecology. – 2020. – No. 1 (21). – Pp. 49-59. – DOI 10.24411 / 2411-3794-2020-10105.

5. Medical and social characteristics and production risk factors of locomotive crew workers / E. A. Zhidkova, E. M. Gutor, M. F. Vilk [et al.] // Hygiene and Sanitation. - 2020. - Vol. 99, No. 12. - Pp. 1380-1385. - DOI 10.47470 / 0016-9900-2020-99-12-1380-1385.

6. Regulation of occupationally associated production impacts on railway workers: experience of Russia and other countries / V. A. Loginova, Yu. N. Kaskov [et al.] // Health risk analysis. - 2021. - No. 1. - Pp. 173-185. - DOI 10.21668/health.risk/2021.1.18.

7. **Samarskaya, N. A.** Ensuring safe working conditions and protecting the health of railway workers / N. A. Samarskaya, S. M. Ilyin // Labor Economics. - 2018. - Vol. 5,

Экономика труда. – 2018. – Т. 5, № 4. – С. 1329-1346. – DOI 10.18334/et.5.4.39519.

8. Вибрационная болезнь и меры по ее предупреждению : учебное пособие / Э. Р. Шайхлисламова, А. Б. Бакиров, Г. Г. Гимранова [и др.]. – Уфа : Диалог, 2016. – 99 с. – ISBN 978-5-94524-168-8.

9. **Алиев, О. Т.** Воздействие вредных и опасных факторов условий труда на машинистов локомотивов / О. Т. Алиев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2015. – № 4(45). – С. 21-28.

No. 4. - Pp. 1329-1346. - DOI 10.18334/et.5.4.39519.

8. Vibration disease and measures for its prevention: a tutorial / E. R. Shaykhislamova, A. B. Bakirov, G. G. Gimranova [et al.]. – Ufa: Dialog, 2016. – 99 p. – ISBN 978-5-94524-168-8.

9. **Aliyev, O. T.** Impact of harmful and hazardous factors of working conditions on locomotive drivers / O. T. Aliyev // Bulletin of the St. Petersburg University of Railway Engineering. - 2015. - No. 4 (45). - P. 21-28.

A.A. Porchesko

WORKING CONDITIONS OF SNOWPLOW OPERATORS

Abstract. This article examines the working conditions of snowplow operators operating on railways. Key adverse production factors are identified and systematized: low temperatures, elevated noise and vibration levels, psycho-emotional stress associated with tight train schedules, and mechanical risks associated with working with high-pressure hydraulic systems. Particular attention is paid to the specifics of work at switches and in station throats, which require maximum concentration and precision. Research results confirming that sanitary standards for noise and vibration are exceeded at operator workplaces are analyzed. The need to reduce vibroacoustic impact is substantiated, and design and organizational measures to improve safety and comfort at work are proposed.

Keywords: working conditions, snowplow, railway transport, noise, vibration, psycho-emotional stress.

For citation: Porchesko, A. A. Working Conditions of Snowplow Operators / A. A. Porchesko // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 78–83. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_78.

Сведения об авторах

Порческо Александра Александровна
Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
старший преподаватель
e-mail: aap@rgups.ru

Information about the authors

Porchesko Alexandra Alexandrovna
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Senior Lecturer,
e-mail: aap@rgups.ru

Д.А. Рудиков

ИНТЕГРАЦИЯ КОНТРОЛЯ ЗДОРОВЬЯ ПЕРСОНАЛА В СИСТЕМУ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

Аннотация. В статье рассматривается трансформация подхода к медицинским осмотрам работников – от механического выполнения законодательных требований к стратегическому инструменту управления рисками на предприятии. Анализируются экономические последствия профессиональных заболеваний и производственного травматизма для российских компаний, оцениваются скрытые издержки формального подхода к периодическим медосмотрам. Предложена модель экономически обоснованной системы превентивной медицины на производстве, учитывающая отраслевую специфику и позволяющая конвертировать затраты на охрану здоровья в измеримые бизнес-показатели. Представлены практические рекомендации по интеграции медицинских осмотров в общую систему риск-менеджмента организации с использованием современных цифровых технологий мониторинга здоровья персонала.

Ключевые слова: медицинские осмотры работников, управление рисками, профессиональные заболевания, экономическая эффективность, охрана труда, превентивная медицина, риск-менеджмент.

Для цитирования: Рудиков, Д. А. Интеграция контроля здоровья персонала в систему стратегического управления рисками / Д. А. Рудиков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 84–90. –DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_84.

Экономическая цена формализма: скрытые издержки традиционного подхода к медосмотрам. Российская система обязательных медицинских осмотров работников, закрепленная в статьях 213 и 266 Трудового кодекса РФ, охватывает более 18 миллионов человек, занятых во вредных и опасных условиях труда. Казалось бы, столь масштабная профилактическая программа должна обеспечивать надежную защиту здоровья работающего населения. Однако реальность демонстрирует парадокс: при неуклонном росте финансирования медосмотров (совокупные затраты работодателей достигли в 2024 году 47,3 млрд рублей) [5] показатели профессиональной заболеваемости снижаются преимущественно статистически, а не фактически.

Проблема кроется в укоренившемся восприятии медосмотров как обременительной формальности – бюрократического ритуала, необходимого для избежания административных санкций. Типичная картина знакома любому специалисту по охране труда: работники массово проходят «конвейерные» осмотры в сжатые сроки, врачи механически ставят штампы в десятках медицинских книжек, а реальное выявление ранних стадий профессиональных патологий остается минимальным. По данным Роспотребнадзора, в 2023 году лишь 2,3 % предварительных медосмотров и 1,8 % периодических выявили противопоказания к выполнению работ [7] – цифры, вызывающие обоснованные сомнения при сопоставлении с фактическим состоянием здоровья трудоспособного населения.

Экономические последствия такого формализма существенно недооцениваются. Прямые потери работодателей от профессиональных заболеваний в России составляют около 180 млрд рублей ежегодно [6], однако эта цифра учитывает лишь официально

зарегистрированные случаи и выплаты по страхованию. Скрытые издержки многократно превышают явные:

- потери производительности труда работников с развивающимися, но не диагностированными профессиональными патологиями;
- расходы на замещение внезапно выбывших по болезни сотрудников;
- репутационные риски при резонансных случаях тяжелых профессиональных заболеваний;
- судебные издержки при оспаривании связи заболевания с условиями труда;
- демотивация персонала в условиях пренебрежения здоровьем работников.

Исследование, проведенное в 2024 году на базе 127 промышленных предприятий Уральского федерального округа, выявило поразительную закономерность: компании с формальным подходом к медосмотрам несли косвенные потери, в 4,7 раза превышающие прямые затраты на проведение осмотров [2]. Иными словами, попытка «сэкономить» на качестве медицинского контроля оборачивается кратно большими убытками. Однако эти потери редко связываются менеджментом с недостатками системы медосмотров, списываясь на неспецифические факторы – «текучесть кадров», «низкую дисциплину», «возрастной состав коллектива».

Особенно остро проблема проявляется в отраслях с отложенными эффектами воздействия вредных факторов. В химической промышленности, атомной энергетике, производстве строительных материалов латентный период профессиональных заболеваний может составлять 10-25 лет. Формальный медосмотр, проведенный сегодня, не выявит начальных изменений, которые через десятилетие обернутся тяжелой патологией с необходимостью компенсационных выплат и возможным судебным разбирательством. А ведь современные диагностические методы – от оценки биомаркеров профессиональных интоксикаций до генетического тестирования индивидуальной чувствительности – способны выявлять риски на доклинической стадии!

От регламента к риск-ориентированной модели: новая парадигма медицинского контроля. Переосмысление роли медицинских осмотров требует кардинального сдвига управленческой парадигмы. Вместо вопроса «как минимизировать затраты на выполнение законодательных требований?» следует ставить иной: «как максимизировать возврат инвестиций в здоровье персонала?». Этот семантический сдвиг влечет за собой глубокую трансформацию всей системы.

Риск-ориентированный подход предполагает дифференциацию работников по уровням профессиональных рисков не формально (по наличию вредного фактора в карте аттестации рабочего места), а содержательно – с учетом реальной экспозиции, индивидуальных особенностей организма, анамнеза, генетической предрасположенности. Согласно исследованию Научно-исследовательского института медицины труда имени академика Измерова, внедрение персонифицированных программ медицинского наблюдения позволяет повысить выявляемость ранних стадий профессиональных заболеваний в 3,8 раза при росте затрат всего на 23 % [3].

Ключевые элементы современной риск-ориентированной системы медосмотров включают:

- предиктивную аналитику на основе больших данных о здоровье работников;
- интеграцию результатов медосмотров с системами производственного контроля;
- непрерывный мониторинг ключевых показателей здоровья вместо дискретных ежегодных осмотров;
- таргетированные программы реабилитации и профилактики для групп повышенного риска;
- экономическую оценку предотвращенных потерь как KPI службы охраны труда.

Цифровизация открывает принципиально новые возможности. Портативные диагностические устройства позволяют контролировать биомаркеры здоровья в режиме

реального времени. Например, на предприятиях с химическими вредностями уже применяются индивидуальные анализаторы, отслеживающие уровень специфических метаболитов в выдыхаемом воздухе – своего рода «персональная лаборатория» каждого работника. Искусственный интеллект способен выявлять паттерны ухудшения здоровья, незаметные для врача при традиционном осмотре, и сигнализировать о необходимости углубленного обследования задолго до клинических проявлений.

Однако технологии – лишь инструмент. Настоящая трансформация требует изменения корпоративной культуры. Показателен опыт ПАО «СИБУР», где с 2023 года внедрена комплексная программа «Здоровье как актив» [4]. Медосмотры интегрированы в систему нематериальной мотивации: работники, демонстрирующие улучшение показателей здоровья, получают дополнительные дни отдыха и приоритет при распределении премиального фонда. Результаты впечатляют: за два года частота случаев временной нетрудоспособности снизилась на 34 %, а вовлеченность персонала в программы здорового образа жизни выросла с 18 % до 67 %.

Критически важен переход от карательной логики («скрыл заболевание – лишился работы») к поддерживающей («выявили риски – помогли их минимизировать»). Работник должен быть заинтересован в раннем выявлении проблем, а не в их сокрытии. Это достигается юридическими гарантиями (запрет увольнения по результатам медосмотра без предоставления альтернативной работы), экономическими стимулами (компенсация лечения и реабилитации) и прозрачной коммуникацией.

Отдельного внимания заслуживает интеграция ментального здоровья в систему медосмотров. Психоземotionalные перегрузки, хронический стресс, синдром профессионального выгорания сегодня вызывают экономический ущерб, сопоставимый с традиционными профессиональными заболеваниями. Согласно данным Федерального научно-клинического центра реаниматологии и реабилитологии, до 40 % длительных больничных в офисном секторе связаны не с соматическими, а с психическими проблемами [1, 12–14]. Включение психологического тестирования и консультирования в программы медосмотров – не прихоть, а экономическая необходимость.

Экономическое обоснование инвестиций: методология расчета возврата вложений в превентивную медицину. Главное препятствие на пути трансформации системы медосмотров – отсутствие у большинства работодателей внятной методологии оценки экономического эффекта. Финансовый директор видит рост затрат на медицинское обеспечение, но не видит прямой связи между этими затратами и финансовыми результатами компании. Задача состоит в том, чтобы сделать эту связь явной и измеримой.

Базовая формула расчета возврата инвестиций (ROI) в систему медосмотров выглядит следующим образом:

$$ROI = \frac{\text{Предотвращенные потери} - \text{Затраты на программу}}{\text{Затраты на программу}} \cdot 100\%.$$

Сложность заключается в корректной оценке предотвращенных потерь. Здесь необходим комплексный учет:

- *снижение прямых потерь от временной нетрудоспособности*: сокращение числа дней на больничном, умноженное на среднюю дневную выработку работника;
- *предотвращение профессиональных заболеваний*: экономия на выплатах по страхованию, судебных издержках и репутационных потерях;
- *повышение производительности труда*: здоровые работники производительнее на 12-18 % по данным исследований;
- *снижение текучести кадров*: замена специалиста обходится работодателю в 50-200% его годового оклада;

– *оптимизация страховых тарифов*: снижение класса профессионального риска ведет к уменьшению взносов в ФСС.

Исследование экономической эффективности углубленных медицинских программ, проведенное на базе предприятий металлургической отрасли Урала, показало среднюю величину ROI на уровне 340% за трехлетний период [2, 9–11]. Иными словами, каждый вложенный в превентивную медицину рубль возвращается в виде 3,4 рублей экономии и дополнительной прибыли. При этом наибольший эффект демонстрируют не самые дорогостоящие программы, а наиболее таргетированные – ориентированные на специфические риски конкретного производства.

Показательна практика АО «Апатит» (предприятие группы «ФосАгро»), где с 2022 года функционирует собственный Центр здоровья работников. Инвестиции в создание центра составили 280 млн рублей, годовые эксплуатационные расходы – 95 млн рублей. За три года работы достигнуты следующие результаты:

- сокращение потерь рабочего времени по болезни на 23 тыс. человеко-дней;
- предотвращение 17 случаев профессиональных заболеваний на ранней стадии;
- снижение страхового тарифа ФСС с 6,7 % до 4,2 %;
- сокращение текучести кадров среди работников вредных производств с 14 % до 8 %.

Совокупная экономия и дополнительная прибыль за три года составила 1,24 млрд рублей при суммарных затратах 565 млн рублей – ROI на уровне 219 %. Однако руководство компании подчеркивает: главный эффект не в цифрах, а в изменении корпоративной культуры. Работники перестали воспринимать медосмотры как принудительную процедуру; явка на профилактические обследования стала добровольной и достигла 94 %.

Для средних и малых предприятий, не располагающих ресурсами для создания собственных медицинских центров, эффективной альтернативой становятся партнерские программы с профильными медицинскими организациями. Однако здесь критически важен качественный отбор подрядчика. К сожалению, рынок услуг по проведению медосмотров изобилует «конвейерными» клиниками, специализирующимися на массовой и поверхностной обработке потока пациентов.

Критерии выбора добросовестного медицинского партнера включают:

- наличие специализации по профилю рисков предприятия;
- современная диагностическая база с возможностями ранней детекции профпатологий;
- персонализированный подход с формированием индивидуальных планов наблюдения;
- цифровая платформа для интеграции с системами управления охраной труда заказчика;
- прозрачная аналитика с предоставлением агрегированных отчетов по рискам здоровья персонала.

Важный нюанс: экономический эффект от совершенствования системы медосмотров проявляется не мгновенно. Инвестиции делаются сегодня, а основная отдача приходит через 2-5 лет, когда накапливается массив данных для предиктивной аналитики и проявляются результаты профилактических мероприятий. Это требует стратегического мышления от руководства – качества, к сожалению, редкого в условиях квартальной отчетности и краткосрочных KPI менеджеров.

Перспективным направлением становится интеграция программ превентивной медицины в ESG-повестку компаний. Инвесторы и стейкхолдеры все более пристально оценивают социальную ответственность бизнеса, и забота о здоровье работников – ключевой индикатор зрелости корпоративного управления. Компании с развитыми системами охраны здоровья персонала получают более высокие ESG-рейтинги, что транслируется в доступ к «зеленому» финансированию, снижение стоимости заемного капитала и рост капитализации.

Заключение. Трансформация медицинских осмотров из бюрократического ритуала в полноценный инструмент риск-менеджмента – не абстрактная идея, а практическая необходимость, диктуемая экономической логикой. Скрытые издержки формального подхода многократно превосходят затраты на создание эффективной системы превентивной медицины на производстве. Российские предприятия, реализовавшие комплексные программы охраны здоровья работников, демонстрируют возврат инвестиций на уровне 200-400 % в среднесрочной перспективе.

Ключевыми элементами современной системы являются: риск-ориентированная дифференциация работников, непрерывный мониторинг показателей здоровья вместо дискретных ежегодных осмотров, применение предиктивной аналитики и цифровых технологий, интеграция физического и ментального здоровья, создание стимулов для добровольного участия работников в профилактических программах. Критически важна интеграция медицинских данных с системами производственного контроля и общей стратегией управления рисками организации.

Экономическое обоснование инвестиций в превентивную медицину требует учета не только прямых эффектов (снижение заболеваемости и травматизма), но и косвенных – повышения производительности труда, сокращения текучести кадров, оптимизации страховых расходов, улучшения репутации работодателя. Отложенный характер отдачи от таких инвестиций требует от менеджмента стратегического мышления и готовности к долгосрочным вложениям в человеческий капитал.

Дальнейшие исследования должны сосредоточиться на разработке отраслевых стандартов риск-ориентированных медицинских программ, создании единой цифровой платформы мониторинга профессионального здоровья, изучении психологических барьеров на пути внедрения превентивных практик. Актуальным направлением является оценка влияния новых форм занятости (удаленная работа, гибридные модели) на профессиональное здоровье и адаптация систем медицинского контроля к этим условиям. Интеграция медицинских осмотров в ESG-стратегии компаний открывает новые возможности для привлечения инвестиций и повышения конкурентоспособности российского бизнеса.

Список литературы

1. **Гончаров, Н. Г.** Психоземotionalные факторы риска в современной структуре профессиональной заболеваемости / Н. Г. Гончаров, О. В. Семенова // Медицина труда и промышленная экология. 2023. № 5. С. 287-294.
2. **Зайцева, Н. В.** Экономическая оценка рисков для здоровья работников промышленных предприятий / Н. В. Зайцева, П. З. Шур, Д. А. Кирьянов // Анализ риска здоровью. 2024. № 2. С. 45-58. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=67234891>.
3. **Измеров, Н. Ф.** Реализация глобального плана действий ВОЗ по охране здоровья работающих в Российской Федерации / Н. Ф. Измеров, И. В. Бухтияров, Л. В. Прокопенко // Медицина труда и промышленная экология. 2015. № 9. С. 4-10.
4. Корпоративный отчет ПАО «СИБУР» в области устойчивого развития за 2023 год. М., 2024. 156 с.

References

1. **Goncharov, N. G.** Psychoemotional risk factors in the modern structure of occupational morbidity / N. G. Goncharov, O. V. Semenova // Occupational Medicine and Industrial Ecology. 2023. No. 5. pp. 287-294.
2. **Zaitseva, N. V.** Economic assessment of health risks of industrial workers / N. V. Zaitseva, P. Z. Shur, D. A. Kiryanov // Health risk analysis. 2024. No. 2. pp. 45-58. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=67234891>.
3. **Izmerov, N. F.** Implementation of the WHO Global Action Plan for Workers' Health in the Russian Federation / N. F. Izmerov, I. V. Bukhtiyarov, L. V. Prokopenko // Occupational Medicine and Industrial Ecology. 2015. No. 9. pp. 4-10.
4. Corporate Report of PJSC SIBUR on Sustainable Development for 2023. Moscow, 2024. 156 p.

5. Официальная статистика Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году: Государственный доклад. М.: Роспотребнадзор, 2024. 398 с.

6. **Рахманов, Р. С.** Профессиональная заболеваемость в Российской Федерации: проблемы и пути решения / Р. С. Рахманов, Л. А. Страхова, Т. В. Блинова // Медицина труда и экология человека. 2023. № 3. С. 7-21.

7. Федеральная служба по труду и занятости. Доклад о результатах мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2023 году. М.: Роструд, 2024. 187 с.

8. Постановление Правительства РФ от 24.12.2021 № 2464 «О порядке обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда» (в ред. Постановлений Правительства РФ от 30.12.2022 № 2540, от 12.06.2024 № 792) – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405174/

9. **Finochenko, T. A.** Risk Management in Transportation Safety System / T. A. Finochenko, L. V. Dergacheva, I. A. Yaitskov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 2020 International Science and Technology Conference on Earth Science, ISTCEarthScience 2020, Vladivostok, 06–09 октября 2020 года. Vol. 666. – IOP Publishing Ltd: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 022050. – DOI 10.1088/1755-1315/666/2/022050.

10. **Борисова, А. В.** Риск-ориентированный подход к обеспечению безопасности труда / А. В. Борисова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 1 (50). – С. 5-7.

11. **Баланова, М. В.** Оценка условий труда и производственный риск / М.В. Баланова, А.С. Козлюк, Д.В. Мотренко, Л.В. Положенцева, Т.А. Финоченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 4. – С. 9-13.

5. Official statistics of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing. On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2023: State report. Moscow: Rospotrebnadzor, 2024. 398 p.

6. **Rakhmanov, R. S.** Occupational morbidity in the Russian Federation: problems and solutions / R. S. Rakhmanov, L. A. Strakhova, T. V. Blinova // Occupational medicine and human ecology. 2023. No. 3. pp. 7-21.

7. Federal Service for Labor and Employment. Report on the results of monitoring working conditions and labor protection in the Russian Federation in 2023. Moscow: Rostrud, 2024. 187 p.

8. RF Government Resolution No. 2464 of 24.12.2021 "On the Procedure for Occupational Safety Training and Testing Knowledge of Occupational Safety Requirements" (as amended by RF Government Resolutions No. 2540 of 30.12.2022 and No. 792 of 12.06.2024) – Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405174/

9. **Finochenko, T. A.** Risk Management in Transportation Safety System / T. A. Finochenko, L. V. Dergacheva, I. A. Yaitskov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 2020 International Science and Technology Conference on Earth Science, ISTCEarthScience 2020, Vladivostok, 06–09 октября 2020 года. Vol. 666. – IOP Publishing Ltd: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 022050. – DOI 10.1088/1755-1315/666/2/022050.

10. **Borisova, A. V.** Risk-oriented approach to ensuring occupational safety / A. V. Borisova // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya.. – 2020. – No. 1 (50). – P. 5-7.

11. **Balanova, M. V.** Assessment of working conditions and industrial risk / M. V. Balanova, A. S. Kozlyuk, D. V. Motrenko, L. V. Polozhentseva, T. A. Finochenko // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. - 2019. - No. 4. - P. 9-13.

12. **Финоченко, Т. А.** Специальная оценка условий труда как информационная база для внедрения риск-ориентированного подхода в сфере охраны труда / Т. А. Финоченко, В. А. Финоченко, Л. И. Воробинская // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 2 (51). – С. 107–110.

12. **Finochenko, T. A.** Special assessment of working conditions as an information base for the implementation of a risk-oriented approach in the field of occupational safety / T. A. Finochenko, V. A. Finochenko, L. I. Vorobinskaya // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. - 2020. - No. 2 (51). - P. 107-110.

D.A. Rudikov

INTEGRATION OF EMPLOYEE HEALTH MONITORING INTO THE STRATEGIC RISK MANAGEMENT SYSTEM

Abstract. The article examines the transformation of the approach to employee medical examinations – from mechanical compliance with legislative requirements to a strategic risk management tool in the enterprise. The economic consequences of occupational diseases and industrial injuries for Russian companies are analyzed, and the hidden costs of a formal approach to periodic medical examinations are assessed. A model of an economically justified system of preventive medicine in production is proposed, taking into account industry specifics and allowing to convert health protection costs into measurable business indicators. Practical recommendations are presented for integrating medical examinations into the overall risk management system of the organization using modern digital technologies for personnel health monitoring.

Keywords: employee medical examinations, risk management, occupational diseases, economic efficiency, occupational safety, preventive medicine, risk management.

For citation: Rudikov, D. A. Integration of Employee Health Monitoring into the Strategic Risk Management System / D. A. Rudikov // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobsheniya. – 2026. – № 2. – P. 84–90. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_84.

Сведения об авторах

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

Information about the authors

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

Е.П. Чубарь

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗВУКОВ НЕСЛЫШИМОГО ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ ПРИ РАБОТЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОТПУГИВАТЕЛЯ ПТИЦ И ОЦЕНКА ЕГО ВЛИЯНИЯ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА РАБОТНИКА

Аннотация. Рассмотрены этапы исследований неслышимых звуков от стандартного электронного отпугивателя птиц. Приведено описание эксперимента. Показаны результаты анализа экспериментальных данных.

Ключевые слова: электронный отпугиватель, ультразвук, инфразвук, режим работы, акустическая обстановка.

Для цитирования: Чубарь, Е. П. Выявление звуков неслышимого диапазона частот при работе электронного отпугивателя птиц и оценка его влияния на безопасность труда работника / Е. П. Чубарь // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 91–95. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_91.

Жизнедеятельность птиц может оказывать на человека и его деятельность негативное воздействие: снижать безопасность при проведении работ из-за рисков попадания в различное оборудование; оказывать биологическое влияние и шумовой дискомфорт. С целью снижения негативного влияния жизнедеятельности птиц на человека в обиходе уже давно используются различные способы отпугивания птиц. Широкое применение нашел биоакустический метод отпугивания птиц. Он является дешевым и вполне эффективным.

Суть его состоит в том, что через определенные промежутки времени, выбранные случайным образом, генерируются сигналы тревоги для отпугиваемых птиц. Эффективность способа достигается количеством сигналов и их качеством.

Исследование акустической обстановки осуществлялось от стандартного электронного биоакустического отпугивателя (рис. 1.).



Рис. 1. Электронный отпугиватель птиц

Работает данное устройство от электрической сети стандартным напряжением 220 В. Включается в розетку в помещении, а динамики и генератор звуков закреплены со стороны улицы (парковой зоны) на фасаде здания так, чтобы не было заметно. При включении генерируются неприятные свистящие звуки. В самом помещении их не слышно.

Измерения производились около ступеней лестницы, ведущей к входу в административное здание, неподалеку находятся скамейки, где в обеденный перерыв могут располагаться сотрудники. Включенный отпугиватель может работать целый день.

Слышимый диапазон не представляет особого интереса, так как находится в пределах нормы для жилых территорий днем (45 дБА). Неприятные свистящие звуки, предположительно, могут давать превышения по ультразвуку.

Ранее [1-3] были рассмотрены акустические обстановки на рабочих местах в помещениях с разными источниками звуков: работающим рециркулятором, включенным персональным компьютером, с функционирующей вентиляцией. В настоящей статье продолжаем тему исследований неслышимых диапазонов.

Определение акустических характеристик ультразвука и инфразвука на прилегающей к зданию территории производилось анализатором (рис. 2). Методика проведения измерений освещена ранее [1, 5].

Микрофон прибора на всех стадиях измерений располагался на уровне головы стоящего человека.



Рис. 2. Анализатор шума и вибрации «Ассистент Total+»

Нормы выбраны из документа [4].

Результаты представлены в таблицах 1 и 2, и на графиках рисунков 3 и 4.

Таблица 1

Результаты измерений и оценки ультразвука

Источник	Уровни звукового давления, дБ на среднегеометрических частотах, кГц (1/3 октавы)						Min, дБ	Max, дБ
	12,5	16,0	8,0	4,0	2,0	1,0		
отпугиватель	70.8	70.6	68.2	62.5	70.3	73.6	62.5	73.6
ПДУ [4]	80	90	100	105	110	110	-	-

Все полученные уровни ниже предельно допустимых. [4]

Частотный ряд не такой, в данном случае, как был ранее [1-3]. При этом выявлены значения на 1,0 кГц – максимальное, а на 4,0 кГц – минимальное. Характер ультразвуковых колебаний постоянный. Графики на рис. 3 подтверждают характер звукового диапазона и отсутствие превышений ПДУ.

Предположение о повышенном (выше нормы) уровне данных колебаний не оправдался.

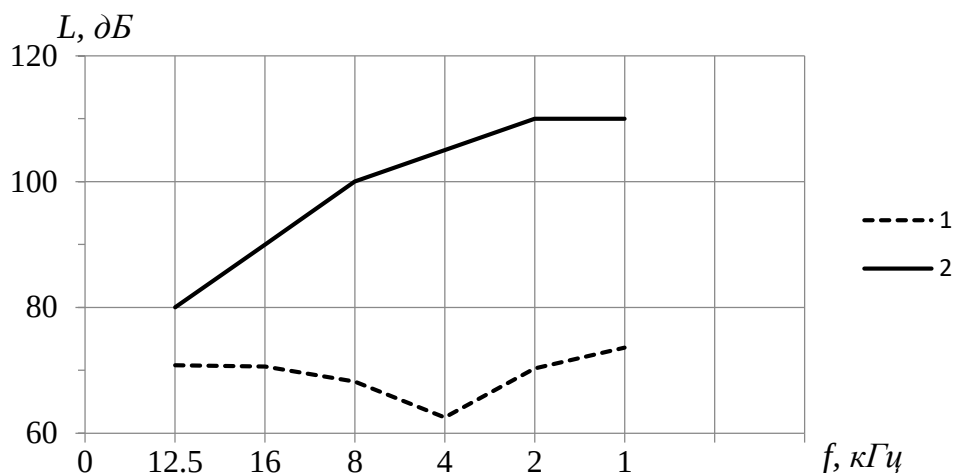


Рис. 3. Спектры УЗ-колебаний по среднегеометрическим частотам
1 – отпугиватель; 2 – предельно допустимый спектр

Таблица 2

Результаты измерений и оценки инфразвука

Источник	Уровни звукового давления, дБ, на среднегеометрических частотах, Гц (1/1 октавы)				Min, дБ	Max, дБ
	2	4	8	16		
отпугиватель	102.8	83.7	98.9	94.4	83.7	102.8
ПДУ [4]	100	95	90	85	-	-

Измеренные инфразвуковые значения на частотах, Гц: 2, 8, 16 превышают предельно допустимые.

Минимальное значение, в этот раз, отмечено на частоте 4 Гц, а максимальное – 2 Гц. Превышение на частоте 2 Гц незначительно (2,8). На частотах 8 и 16 Гц соответственно 8,9 и 9,4 [4]

Графики рисунка 4 подтверждают наличие превышений инфразвуковых колебаний. Характер инфразвуковых колебаний постоянный. На графике хорошо виден «всплеск» инфразвука на частоте 2 Гц.

Отпугиватель включают далеко не каждый рабочий день, воздействие на сотрудников учреждения происходит периодически. Корреляция функционирования отпугивателя с состоянием здоровья сотрудников не проводилась.

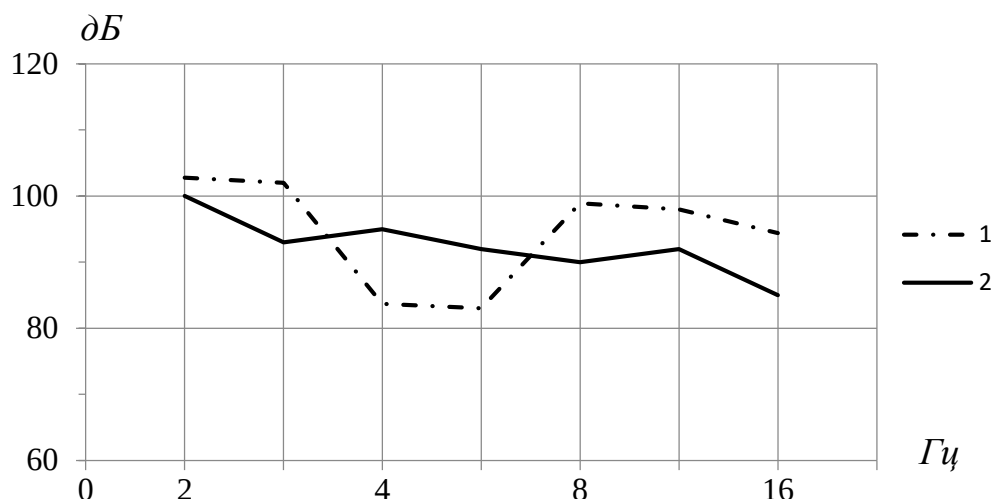


Рис. 4. Уровни инфразвука по среднегеометрическим частотам
1 – излучатель; 2 – предельно допустимый спектр

Снова подтвердилось, что при работе любого источника, излучающего звук, кроме слышимого диапазона, генерируется два не улавливаемых человеческим органом слуха колебание: ультразвуковое и инфразвуковое [5].

В данном случае, отмечены превышения измеренных значений в инфразвуковом поле. При длительном нахождении в этом поле могут иметь место негативные последствия воздействия для здоровья сотрудников [5]. Соответственно, желательно уменьшить время пребывания вблизи работающего электронного отпугивателя птиц.

Список литературы

1. Чубарь, Е. П. Анализ акустической обстановки за пределами слышимого диапазона частот от рециркулятора-облучателя в офисном помещении // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – №1(62) – С. 125-130.
2. Чубарь, Е. П. Анализ акустической обстановки за пределами слышимого диапазона при работе системы вентиляции в помещении лаборатории // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2(67). – С. 132-137.
3. Чубарь, Е. П. Выявление звуков неслышимого диапазона частот при работе телефонов в звонящем режиме / Е. П. Чубарь // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 2(71). – С. 27-31.
4. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания (утв. Главным государственным санитарным

References

1. Chubar, E. P. Analysis of the acoustic environment beyond the audible frequency range from a recirculator-irradiator in an office space // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. - 2023. - No. 1 (62) - Pp. 125-130.
2. Chubar, E. P. Analysis of the acoustic environment beyond the audible range during operation of the ventilation system in a laboratory room // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. - 2024. - No. 2 (67). - Pp. 132-137.
3. Chubar, E. P. Identification of sounds of the inaudible frequency range when telephones are in ringing mode / E. P. Chubar // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. - 2025. - No. 2 (71). - Pp. 27-31.
4. SanPiN 1.2.3685-21 Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans (approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation

врачом РФ от 28.01.2021 N 2) [Электронный
ресурс] – Режим доступа:
<http://docs.cntd.ru/document/573500115>.

dated 01/28/2021 N 2) [Electronic resource] -
Access mode: [http://docs.cntd.ru/
document/573500115](http://docs.cntd.ru/document/573500115).

E.P. Chubar

**DETECTION OF INAUDIBLE FREQUENCY RANGE SOUNDS WHEN USING AN
ELECTRONIC BIRD REPELLER
AND ASSESSMENT OF ITS IMPACT ON WORKER SAFETY**

Abstract. The stages of research on inaudible sounds from a standard electronic bird repeller are considered. The experiment is described. The results of the analysis of experimental data are shown.

Keywords: electronic repeller, ultrasound, infrasound, operating mode, acoustic environment.

For citation: Chubar, E. P. Detection of Inaudible Frequency Range Sounds When Using an Electronic Bird Repeller and Assessment of its Impact on Worker Safety / E. P. Chubar // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 91–95. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_91.

Сведения об авторах

Чубарь Евгения Петровна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
Научно-производственный центр «Охрана
труда»,
кандидат технических наук, научный
сотрудник,
e-mail: jeeeyn@mail.ru

Information about the authors

Chubar Evgeniia Petrovna

Rostov State Transport University (RSTU),
The Research-and-Production Center «Labour
Safety»,
Candidate of Technical Sciences, Scientist,
e-mail: jeeeyn@mail.ru

**ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ,
ТЯГА ПОЕЗДОВ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ**

УДК 629.423.004.69+06

DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_96

*И.В. Больших, К.А. Гайворонская***МОДЕРНИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО РОССИЙСКОГО ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЭПЗД В
ЧАСТИ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОПОРНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ СУХИХ
СГЛАЖИВАЮЩИХ РЕАКТОРОВ**

Аннотация. В статье выполнен анализ электропоездов, эксплуатируемых на сети Северо-Кавказской железной дороги. Основное внимание уделено особенностям конструкции электропоезда ЭПЗД. Рассмотрена конструкция, назначение и особенности работы сглаживающих реакторов РСС. Установлена основная причина акустического дискомфорта – недостаточная эффективность штатных резиновых амортизаторов. Предложен вариант снижения шума и вибрации от сухих сглаживающих реакторов РСС на электропоезде ЭПЗД путём замены штатных резинометаллических амортизаторов на комбинированное из вибропоглощающего покрытия.

Ключевые слова: современные электропоезда, сухие сглаживающие реакторы, виброизоляторы, повышенный шум, вибропоглощающий материал.

Для цитирования: Больших, И. В. Модернизация современного Российского электропоезда ЭПЗД в части улучшения характеристик опорных изоляторов сухих сглаживающих реакторов / И. В. Больших, К. А. Гайворонская // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 96–101. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_96.

Железнодорожная сеть России остаётся главной для массовых пассажирских перевозок – и в городах, и на дальних маршрутах. Основная нагрузка в пригородных перевозках ложится на моторвагонный подвижной состав. Эти поезда работают каждый день в разных климатических зонах на разных маршрутах. Миллионы людей пользуются электричками, и от того, насколько техника надёжна и комфортна, зависит мобильность населения.

За последние двадцать лет пригородные перевозки сильно изменились. Старые советские модели постепенно уходят – их заменяют современные составы: ЭПЗД, ЭП2Д, а также скоростные электропоезда. С целью повышения тягово-энергетических показателей в новой технике применяются асинхронный тяговый привод, микропроцессорное управление, рекуперативное торможение, что также позволяет обеспечить экономию энергии, снижения затрат на ремонт и повышение комфорта пассажиров. Переход на новую технику выявил и слабые места, такие как отказы силового оборудования, быстрый износ колёс, сбои электроники. Всё это требует тщательной проработки и внимания со стороны представителей моторвагонных депо и заводов. Одним из основных путей решения возникающих проблем является детальный разбор конструкции современных электропоездов и поиск реальных дефектов, которые возникают в эксплуатации.

Современные электропоезда стали важным элементом транспортной системы страны, обеспечивающим эффективные пассажирские перевозки в пригородном и городском сообщении. По уровню комфорта и безопасности электропоезда вышли на современный уровень: оснащены климат-контролем и системами обеззараживания воздуха, крэш-системами в кабинах машиниста, информационными табло, Wi-Fi, USB-розетками и беспроводными зарядками. Особое внимание уделено доступности для маломобильных групп

населения – предусмотрены пандусы, подъёмники, специальные места для колясок, тактильная разметка и аудиооповещение. Широкие двери и сквозные проходы между вагонами ускоряют посадку и высадку, повышая пропускную способность.

Существенный прогресс достигнут в энергоэффективности и экологичности. За счёт рекуперативного торможения и энергосберегающего оборудования ЭПЗД экономят до 20 % электроэнергии. Оптимизация аэродинамики кузовов дополнительно уменьшает энергопотребление и уровень шума.

Эксплуатационные характеристики адаптированы к российским условиям: поезда работают в широком диапазоне температур от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$, оснащены системами подогрева входных зон и антикоррозийной защитой. Гибкая составность (от 4 до 12 вагонов) позволяет настраивать вместимость под спрос.

В процессе написания статьи был выполнен глубокий анализ электропоездов, эксплуатируемых на Северо-Кавказской железной дороге. Основное внимание уделено электропоезду ЭПЗД, как одному из современных и перспективных, предназначенных для пригородного сообщения. Рассмотрены его конструктивные особенности, в частности одна из конкретных проблем – повышенный шум от сухих сглаживающих реакторов (РСС). Предложен вариант её решения через замену штатных резинометаллических амортизаторов на более современное с применением полимерного вибропоглощающего материала.

Электропоезд ЭПЗД сделан для линий переменного тока 25 кВ, 50 Гц, колея 1520 мм. Длина маршрута – до 200 км. Может работать как с высокими, так и с низкими платформами.

Головные вагоны оборудованы экологически чистыми туалетными комплексами «Экотол-ЭП», доступными для пользования инвалидами в коляске с сигнализацией машинисту о посадке – высадке инвалидов. Туалетные комплексы производства ООО НПП «Циркон Сервис».

В вагоне предусмотрено также место для размещения инвалида в коляске, в передних тамбурах головных вагонов установлены аппарели и подъёмники для посадки (высадки) инвалидов в коляске с низких платформ (в переднем тамбуре).

Основная составность электропоезда 8 вагонов – 2 головных (Г), 4 моторных (М), 2 немоторных (Н) [1] по схеме /Г+М+/Н+М+/М+Н+/М+Г/.

При функционировании электрического тягового подвижного состава приоритетное значение имеет безотказность силовых агрегатов, работающих в тяжёлых условиях. К числу наиболее ответственных компонентов, определяющих устойчивость тяги и долговечность двигателей, относятся устройства для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения. Их роль заключается в фильтрации колебаний тока, что критически важно для качества коммутационных процессов в тяговых электродвигателях. В конструкции современной электрички ЭПЗД задействован вариант сухого сглаживающего реактора (РСС) [2,3], смонтированного непосредственно на крыше моторного вагона (рис. 1). Внешне данные узлы представляют собой прямоугольные кожухи зелёного цвета, закреплённые в верхней части кузова. Однако данное инженерное решение, несмотря на ряд преимуществ, стало источником специфических трудностей в обслуживании, о которых пойдёт речь ниже [4].

РСС (реактор сглаживающий сухой) – ключевой элемент силовой цепи моторного вагона. Его основная задача:

- сглаживать пульсации выпрямленного тока в цепи тяговых двигателей;
- снижать уровень высших гармоник до 5–10% [5];
- обеспечивать стабильную работу двигателей без вибраций и перегрева;
- защищать изоляцию обмоток двигателей от пробоя;
- уменьшать электромагнитные помехи в бортовой сети.

Реактор включается последовательно с тяговым двигателем и выпрямителем через него проходит весь ток нагрузки.



Рис. 1. Сухой сглаживающий реактор РСС:

1 – рым-болты; 2 – кожух; 3 – магнитопровод; 4 – фарфоровые изоляторы;
5 – виброизоляторы.

Крепление имеют следующие особенности:

- жёсткая фиксация к раме крыши вагона;
- виброизоляторы (резиновые подушки) [6,7] (рис. 2) для снижения передачи вибраций на кузов.



Рис. 2. Виброизолятор АКСС-120И

За последние годы при переходе к компактным виброизоляторам внесены следующие изменения:

- снижены габариты и металлоёмкость узлов крепления;
- уменьшена высота виброопор;
- ужесточены требования к унификации крепёжных элементов;
- внедрены современные резинометаллические и полиуретановые материалы. Однако с точки зрения виброакустического комфорта данная модернизация привела к обратному

эффекту.

При сохранении несущей способности уменьшение высоты виброизолятора требует повышения его жёсткости. Увеличение жёсткости приводит к повышению собственной частоты системы «реактор – опора».

Старые виброизоляторы эффективно гасили вибрации в диапазоне 20–40 Гц (основные возмущения от движения поезда) и изготавливались из массивной технической резины с высокой вязкостью, которая эффективно гасила высокочастотные колебания за счёт внутреннего трения. Новые компактные опоры смещают эффективное гашение в диапазон 50–80 Гц и выше, оставляя низкочастотную составляющую практически без ослабления.

Современные резины с улучшенной стойкостью к маслу, озону и температурам обладают меньшими демпфирующими свойствами в диапазоне 100–300 Гц, что ухудшает гашение именно магнитного гула реактора. В таблице представлены эксплуатационные и химические свойства резины.

Таблица

Эксплуатационных и химических свойств резины

Характеристика	Резина (общего назначения)
Стойкость к маслам и топливу	Ограниченная. NBR стоек к минеральным маслам, но нестойк к тормозным жидкостям на основе гликоля, концентрированным кислотам и щелочам. Техническая резина не допускает попадания бензина и масел.
Рабочие температуры	Диапазон: от -30...-45°C до +50...+80°C. Морозостойкость по эластичному восстановлению после сжатия при -50°C: коэффициент 0,2. При -40°C значительно теряет эластичность.
Демпфирование (гашение вибраций)	Хорошее, но зависит от типа.
Прочность на сжатие	Предел прочности при разрыве: ~115 кгс/см ² (12,7 МПа). Прочность на разрыв: ~115 кг/см ² .
Стойкость к маслам и топливу	Ограниченная. NBR стоек к минеральным маслам, но нестойк к тормозным жидкостям на основе гликоля, концентрированным кислотам и щелочам. Техническая резина не допускает попадания бензина и масел.
Рабочие температуры	Диапазон: от -30...-45°C до +50...+80°C. Морозостойкость по эластичному восстановлению после сжатия при -50°C: коэффициент 0,2. При -40°C значительно теряет эластичность.

При использовании компактных виброизоляторов с повышенной жёсткостью возрастает вероятность совпадения собственной частоты системы с частотами вынуждающих сил (100 Гц, 300 Гц). При наступлении резонанса уровень вибрации и шума возрастает в 3–5 раз даже при сохранении целостности конструкции. В старых системах с низкой собственной частотой (15–25 Гц) резонанс с рабочими гармониками практически исключался.

Одна из эксплуатационных особенностей состава ЭПЗД, в том числе используемого на полигоне Северо-Кавказской магистрали, связана с акустическим и вибрационным воздействием упомянутых реакторов на пассажиров салона. Природа явления кроется в функционировании оборудования в режимах набора скорости или рекуперативного торможения. Протекание рабочего тока сквозь витки индуцирует переменное магнитное поле, провоцирующее вибрацию металлических частей. Это вызывает низкочастотный гул в вагоне, способный не только снижать субъективный уровень удобства поездки, но и в ряде случаев приближаться к предельно допустимым значениям санитарных нормативов по шуму.

Анализируя полученные результаты, можно прийти к выводу, необходимо рассмотреть применение современных полимерных материалов для решения данной проблематики. Научные исследования подтверждают явные преимущества рассматриваемых материалов для использования в системах виброизоляции на транспорте. Одними из наиболее перспективных являются комбинированные вибропоглощающие покрытие, которое состоит из нескольких слоёв:

- нижний первый слой – мягкая полимерная бутил-каучуковая композиция постоянной липкости, которая несёт в себе функцию монтажного слоя и является приёмником вибраций от обрабатываемой поверхности;

- полимерная битумная композиция повышенной плотности, которая отвечает за первый уровень поглощения энергии вибраций;

- третий слой материала – полимерная бутил-каучуковая композиция. Обеспечивает второй уровень поглощения энергии вибрации;

- четвертый слой – алюминиевая фольга, которая имеет определенную степень жесткости, чего добиваются степенью отжига и толщиной фольги.

Ожидаемый эффект от замены резиноталлических виброизоляторов на новые с применением комбинированного полимерного материала:

- снижение передачи вибрации от реактора на кузов;

- уменьшение структурного шума в тамбурах и салонах на 10–15%;

- повышение комфорта пассажироперевозок;

- стабильная виброизоляция в течение многих лет, сокращение частоты замен и эксплуатационных затрат.

Список литературы

1. Электропоезд пригородный ЭПЗД. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Книга 1. Общие сведения. Механическая часть. – ДМЗ, 2015.
2. 382.00.00.000 РЭ Руководство по эксплуатации. Электропоезд ЭПЗД. Модель 62-382. – Демихово : АО «Демиховский машиностроительный завод».
3. Дайлидко, А. А. Конструкция электровозов и электропоездов: учебное пособие / А. А. Дайлидко, Ю. Н. Ветров, А. Г. Брагин. – Москва: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2014. – 348 с.
4. Тишков, А. Н. Вибрация и шум электрических машин : монография / А. Н. Тишков. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2018. – 164 с.
5. Ермоленко, Д. В. Показатели электромагнитной совместимости и методы ее обеспечения в системе электрической тяги переменного тока / Д. В. Ермоленко, А. Н. Савоськин // Инновационный транспорт. – 2021. – № 2 (40). – С. 34–39.

References

1. Suburban electric train EP3D. Technical description and operating instructions. Book 1. General information. Mechanical part. – Demikhovo Machine-Building Plant, 2015.
2. 382.00.00.000 RE Operating instructions. Electric train EP3D. Model 62-382. – Demikhovo : Demikhovo Machine-Building Plant, JSC.
3. Dailidko, A. A. Design of Electric Locomotives and Electric Trains: Textbook / A. A. Dailidko, Yu. N. Vetrov, A. G. Bragin. – Moscow: Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport, 2014. – 348 p.
4. Tishkov, A. N. Vibration and Noise of Electrical Machines: Monograph / A. N. Tishkov. – Novosibirsk: NSTU Publishing House, 2018. – 164 p.
5. Ermolenko, D. V. Electromagnetic compatibility indicators and methods of its provision in the system of electric traction of alternating current / D. V. Ermolenko, A. N. Savoskin // Innovative transport. – 2021. – No. 2 (40). – Pp. 34–39.

6. ГОСТ 17053.1-80. Амортизаторы корабельные АКСС-М. Технические условия. – Введ. 1982-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1980.
7. ТУ 38.1051953-90. Амортизаторы резинометаллические АКСС-И. – Введ. 1991-01-17.

6. GOST 17053.1-80. Ship shock absorbers AKSS-M. Technical conditions. – Introduced on 1982-01-01. – Moscow: Publishing House of Standards, 1980.
7. TU 38.1051953-90. Rubber-metal shock absorbers AKSS-I. – Introduced. 1991-01-17.

I.V. Bol'shikh, K.A. Gayvoronskaya

MODERNIZATION OF THE MODERN RUSSIAN ELECTRIC TRAIN EP3D TO IMPROVE THE CHARACTERISTICS OF THE SUPPORT ISOLATORS OF THE DRY SMOOTHING REACTORS

Abstract. The article analyzes electric trains operated on the North Caucasus Railway network. The main focus is on the design features of the EP3D electric train. The article examines the design, purpose, and operation of the RCC smoothing reactors. The main cause of acoustic discomfort is identified as the insufficient effectiveness of the standard rubber shock absorbers. The article proposes a solution to reduce noise and vibration from the RCC dry smoothing reactors on the EP3D electric train by replacing the standard rubber-metal shock absorbers with a combined vibration-absorbing coating.

Keywords: modern electric trains, dry smoothing reactors, vibration isolators, increased noise, and vibration-absorbing material.

For citation: Bol'shikh, I. V. Modernization of the Modern Russian Electric Train EP3D to Improve the Characteristics of the Support Isolators of the Dry Smoothing Reactors / I. V. Bol'shikh, K. A. Gayvoronskaya // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 96–101. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_96.

Сведения об авторах

Больших Иван Валерьевич

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

Гайворонская Ксения Александровна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
студент,
e-mail: ksyugaivoronskaya@gmail.com

Information about the authors

Bol'shikh Ivan Valeryevich

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

Gayvoronskaya Xenia Alexandrovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Student,
e-mail: ksyugaivoronskaya@gmail.com

Н.В. Гребенников, Д.А. Любарцев

ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБРИДНЫХ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Аннотация. В статье представлена концепция модернизации маневрового тепловоза ТЭМ18ДМ путем интеграции бортового литий-ионного накопителя энергии НЭ-288-870, используемого на контактно-аккумуляторном электровозе ЭМКА2 и асинхронного тягового привода. Предложены компоновочные и схемотехнические решения по внедрению накопителя энергии с формированием общего звена постоянного тока. Представлены результаты расчета тяговых характеристик в различных режимах работы, включая движение от накопителя энергии. Показано, что перевод маневровых операций на гибридную тягу обеспечивает снижение расхода дизельного топлива до 20%, рост общего КПД локомотива и увеличение межремонтного ресурса дизеля.

Ключевые слова: гибридный маневровый локомотив, тепловоз ТЭМ18ДМ, накопитель энергии, электровоз ЭМКА2, асинхронный тяговый привод, энергоэффективность, пассажирские поезда, экологическая безопасность, рекуперация энергии.

Для цитирования: Гребенников, Н. В. Тягово-энергетическое обоснование применения гибридных маневровых локомотивов для формирования пассажирских поездов в условиях Северо-Кавказской железной дороги / Н. В. Гребенников, Д. А. Любарцев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 102–107. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_102.

В структуре железнодорожного комплекса Российской Федерации особое значение имеет обеспечение высокой энергетической и экологической эффективности перевозочного процесса [1]. Специфика маневрово-вывозной работы, выполняемой тепловозами, связана с существенной техногенной нагрузкой на окружающую среду [2]. Данная проблема обостряется при эксплуатации маневровых тепловозов в зонах с особым природоохранным статусом, к которым относятся курортные регионы, а также территории пассажирских вокзалов, крупных станций и локомотивных депо. Отработавшие газы дизельных силовых установок содержат значительный объем оксидов азота, диоксида углерода и сажи, а функционирование ДВС на повышенных оборотах генерирует высокий уровень акустического загрязнения, что приводит не только к экологической деградации прилегающих территорий, но и к ощутимым финансовым издержкам транспортной компании в виде компенсационных выплат и штрафных санкций. Снижение данных негативных факторов возможно либо путем полномасштабного обновления парка маневровых локомотивов за счет закупки новых единиц на гибридной и электрической тяге, либо посредством глубокой модернизации существующего парка с установкой бортовых накопителей энергии [3-5]. Учитывая высокую капиталоемкость закупки новых локомотивов, вариант модернизации эксплуатируемого подвижного состава выступает наиболее обоснованным и экономически целесообразным решением, позволяющим продлить нормативный срок службы машин при существенном улучшении их экологических и энергетических характеристик [6-7].

Наиболее массовыми сериями маневровых тепловозов, эксплуатируемых на железнодорожной сети, являются ЧМЭЗ и ТЭМ18ДМ. Тепловозы серии ЧМЭЗ к настоящему

времени характеризуются высокой степенью физического и морального износа, в связи с этим в качестве базового для создания гибридного маневрового локомотива выбран тепловоз ТЭМ18ДМ, обладающий возможностью для проведения агрегатных модификаций.

Концепция модернизации ТЭМ18ДМ предусматривает несколько этапов, на первом этапе – внедрение накопителя электрической энергии, а на втором – комплексную замену традиционных коллекторных тяговых электродвигателей на асинхронные тяговые машины, что позволит устранить ограничение по коллекторно-щёточному аппарату, существенно расширить диапазон реализации максимальной силы тяги, повысить надежность электрической передачи мощности и уменьшить эксплуатационные расходы на ее техническое обслуживание.

Анализ режимов работы дизель-генераторной установки ТЭМ18ДМ в течение 12-часовой маневровой смены указывает на крайнюю неравномерность распределения нагрузок (рис. 1.).



Рис. 1. Распределение времени работы по позициям

В течение смены локомотив находится в режиме холостого хода и на первых трех позициях контроллера машиниста суммарно около 10,5 часов, из которых 8,04 часа приходится на холостой ход. В этом диапазоне расходуется 117,24 кг дизельного топлива, а выработанная энергия составляет 1390,6 кВт·ч. При этом на высшей, 8-й позиции контроллера тепловоз работает всего 0,75 часа (45 минут), расходуя 47,34 кг топлива и вырабатывая 1684,6 кВт·ч энергии.

Оценка универсальных характеристик дизельных двигателей показывает, что наибольший эксплуатационный КПД и минимальный удельный расход топлива достигаются исключительно в диапазоне номинальных нагрузок, то есть на 8-й позиции контроллера. На холостом ходу и низших позициях дизель работает с низким коэффициентом полезного действия и увеличенными удельными выбросами несгоревших углеводородов, а следовательно, целесообразно перевести работу дизель-генератора преимущественно в режим оптимальной нагрузки для подзарядки накопителя, а выполнение маневровых операций при неполной мощности реализовывать за счет накопленной электрической энергии.

В качестве системы аккумулирования энергии обосновано применение тягового накопителя НЭ-288-870, штатно используемого на контактно-аккумуляторном электровозе ЭМКА2. Данный накопитель построен на базе морозостойчивых литий-ионных батарей, состоит из двух электросекций, имеет номинальную емкость 288 А·ч и полезную запасаемую энергию 200 кВт·ч при прогнозируемом сроке службы до 10 лет. Силовые модули накопителя выполнены из нетоксичных, трудногорючих и взрывобезопасных материалов, а

энергетический потенциал данного накопителя обеспечивает вождение поезда массой до 2000 тонн на расстояние до 14 км либо одиночное следование локомотива на расстояние до 100 км.

Интеграция накопителя энергии в конструкцию ТЭМ18ДМ представлена на рис. 2. Основной блок накопителя размещается в пространстве за кабиной машиниста, где ранее располагались штатные аккумуляторные батареи, а сами аккумуляторные батареи переносятся под переходную площадку в специально оборудованные ниши с технологическими люками, обеспечивающими беспрепятственное проведение обслуживающих работ.

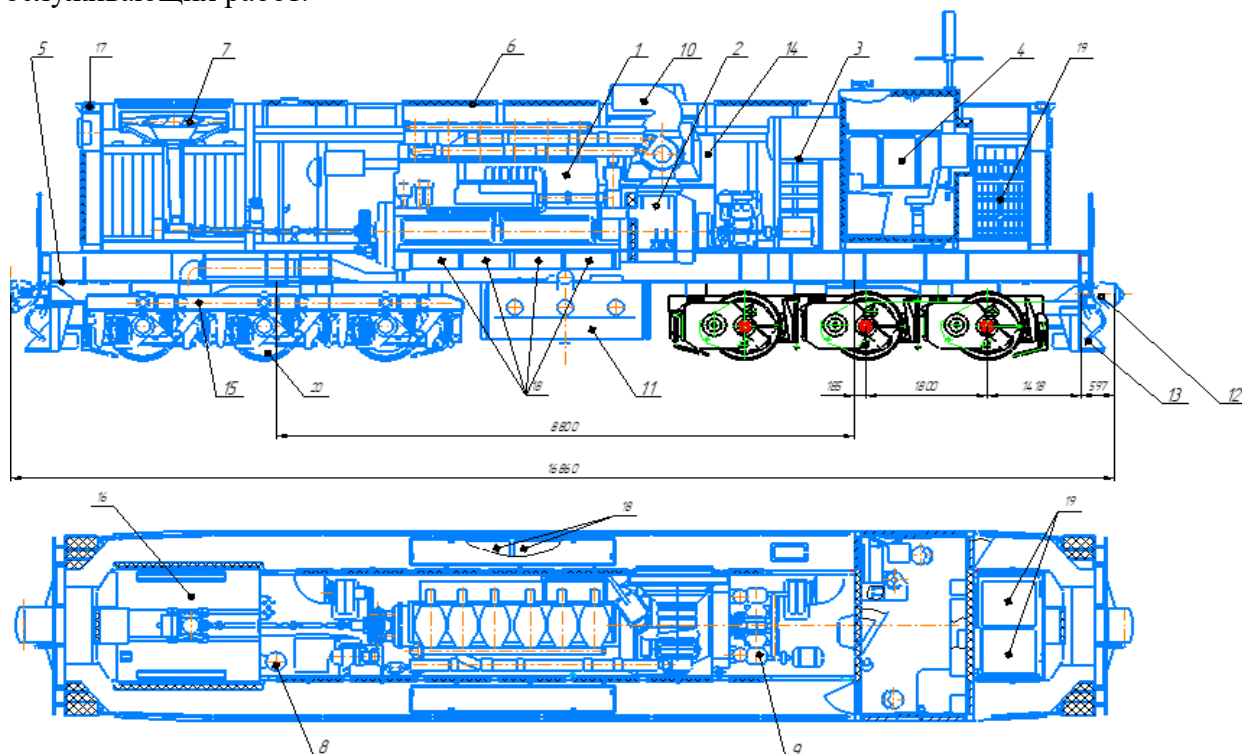


Рис. 2. Компоновка ТЭМ18ДМ с накопителем энергии

- 1 – дизель; 2 – генератор; 3 – камера высоковольтная; 4 – кабина машиниста;
 5 – рама тепловоза; 6 – кузов; 7 – вентилятор; 8 – топливоподогреватель;
 9 – компрессор; 10 – искрогаситель; 11 – бак топливный; 12 – автосцепка;
 13 – путеочиститель; 14 – воздухоочиститель; 15 – тележка; 16 – камера холодильника;
 17 – песочница; 18 – батарея аккумуляторная; 19 – накопитель энергии; 20 – колесная пара

В результате проведенных компоновочных изменений полная масса модернизированного тепловоза увеличивается со 126 до 128 тонн, что соответствует нагрузке на ось 22 тонны и не превышает установленные нормативы воздействия на путь.

На втором этапе модернизации производится замена электрического тягового оборудования тепловоза ТЭМ18ДМ. Общая концепция базируется на формировании общего звена постоянного напряжения, объединяющего выпрямитель стартер-генератора, двунаправленный преобразователь накопителя энергии и автономные инверторы напряжений, питающие асинхронные тяговые двигатели.

Наличие единого звена постоянного тока обеспечивает гибкое распределение потоков мощности и позволяет задействовать асинхронные двигатели по дискретной схеме с подключением минимально необходимого количества машин в зависимости от массы поезда и профиля пути. Зарядка накопителя осуществляется либо от дизель-генератора в режиме его оптимальной нагрузки, либо за счет рекуперативного торможения. Расчет тяговых характеристик показывает увеличение касательной мощности модернизированного локомотива в гибридном режиме с базовых 606,19 кВт до 809,55 кВт, что обеспечивает лучшие

тягово-энергетические характеристики во всем диапазоне скоростей от 0 до 100 км/ч. В режиме работы исключительно от бортового накопителя энергии касательная мощность составляет 299,28 кВт, а касательная сила тяги при скорости 5 км/ч достигает 215,48 кН, что является достаточным для трогания с места и выполнения маневровой работы по формированию пассажирских поездов без включения дизельного двигателя.

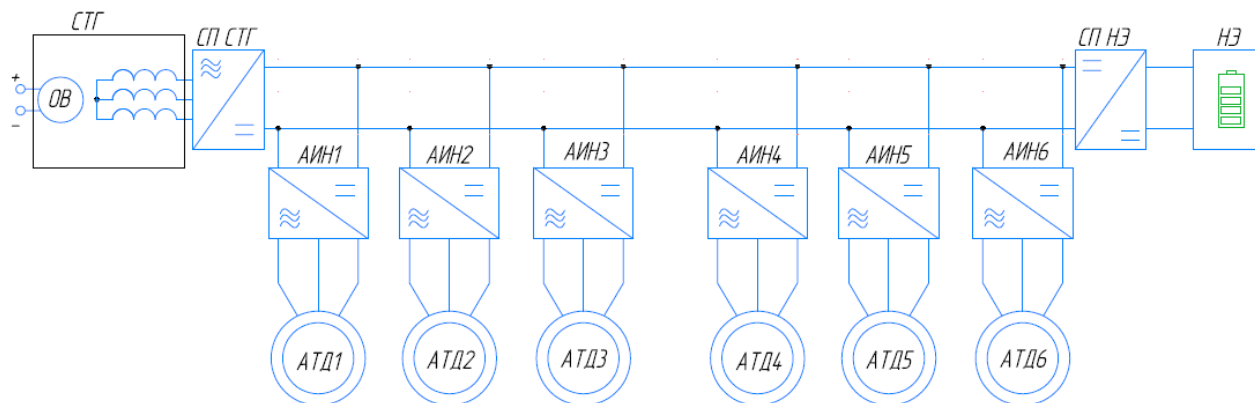


Рис. 3. Силловая схема гибридного тепловоза с асинхронным приводом

Заключение. Предложенная концепция модернизации маневрового тепловоза ТЭМ18ДМ путем интеграции литий-ионного накопителя энергии от электровоза ЭМКА2 и асинхронного тягового привода представляет собой научно обоснованное решение задачи по повышению энергетической и экологической эффективности автономной тяги, что позволяет минимизировать долю времени работы дизельного двигателя на холостом ходу и низших позициях контроллера, обеспечить снижение расхода топлива до 20%, увеличить КПД локомотива на 6% и продлить ресурс дизеля, что обеспечивает возможность выполнения маневровых операций на территории вокзалов и природоохранных зон исключительно за счет энергии накопителя и исключает вредные выбросы и акустическое загрязнение в местах постоянного пребывания людей, что соответствует Экологической стратегии ОАО «РЖД» [8].

Список литературы

1. Кереселидзе, Н. Экологическая стратегия ОАО «РЖД» как драйвер развития «зелёной» логистики и интеграция таможенных решений / Н. Кереселидзе, А. В. Федотов // Тенденции развития логистики и управления цепями поставок : Сборник статей VI международной научно-практической конференции, Казань, 09–10 октября 2025 года. – Казань: ЗАО «Университетская книга», 2025. – С. 169-171.
2. Фадеев, В. С. Методы снижения шума от технологических объектов на железнодорожном транспорте / В. С. Фадеев, Ю. А. Грушников, Т. Е. Флянтикова // Защита от повышенного шума и вибрации : сборник трудов конференции IX Всероссийской научно-практической конференции с

References

1. Kereselidze, N. Environmental strategy of JSC Russian Railways as a driver for the development of “green” logistics and integration of customs solutions / N. Kereselidze, A. V. Fedotov // Trends in the development of logistics and supply chain management: Collection of articles from the VI international scientific and practical conference, Kazan, October 9–10, 2025. - Kazan: ZAO Universitetskaya kniga, 2025. - P. 169-171.
2. Fadeev, V. S. Methods for reducing noise from technological objects in railway transport / V. S. Fadeev, Yu. A. Grushnikov, T. E. Flyantikova // Protection from increased noise and vibration: collection of conference papers of the IX All-Russian scientific and practical conference with international participation, St. Petersburg, April 26–28, 2023. – St.

международным участием, Санкт-Петербург, 26–28 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург: Институт акустических конструкций, 2023. – С. 229-237.

3. **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.

4. **Гребенников, Н. В.** О целесообразности внедрения многодизельных установок в магистральную тягу / Н. В. Гребенников // Транспорт: наука, образование, производство : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 23–25 апреля 2025 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 33-36.

5. **Талахадзе, Т. З.** Гибридная тяговая система локомотива / Т. З. Талахадзе // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 3(72). – С. 67-70.

6. **Талахадзе, Т. З.** Схемотехнические решения применения модульной силовой установки на локомотивах / Т. З. Талахадзе, И. А. Баланов, М. Г. Кришталева // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3(68). – С. 79-83.

7. **Талахадзе, Т. З.** Улучшение тягово-энергетических характеристик автономных локомотивов за счет применения модульного исполнения элементов тяговой системы / Т. З. Талахадзе, Н. В. Гребенников, И. В. Больших // Бюллетень результатов научных исследований. – 2023. – № 4. – С. 78-89.

8. **Носков, В. Н.** О научном сопровождении Энергетической стратегии железнодорожного транспорта / В. Н. Носков, И. В. Мартынюк, Н. С. Флегонтов // Транспорт: наука, образование, производство: Материалы Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 24–26 апреля 2024 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский

Petersburg: Institute of Acoustic Structures, 2023. – P. 229–237.

3. **Zarifyan, A. A.** Conceptual directions of development of the structure of traction and energy systems of locomotives / A. A. Zarifyan, N. V. Grebennikov // News of higher educational institutions. Electromechanics. - 2024. - V. 67, No. 3. - P. 92-98.

4. **Grebennikov, N. V.** On the feasibility of introducing multi-diesel units into mainline traction / N. V. Grebennikov // Transport: science, education, production: Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference, Rostov-on-Don, April 23–25, 2025. – Rostov-on-Don: Rostov State University of Railway Engineering, 2025. – P. 33–36.

5. **Talakhadze, T. Z.** Hybrid traction system of a locomotive / T. Z. Talakhadze // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. - 2025. - No. 3 (72). - P. 67-70.

6. **Talakhadze, T. Z.** Circuit solutions for using a modular power plant on locomotives / T. Z. Talakhadze, I. A. Balanov, M. G. Krishtalev // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. - 2024. - No. 3 (68). - P. 79-83.

7. **Talakhadze, T. Z.** Improving the traction and energy characteristics of autonomous locomotives through the use of modular design of traction system elements / T. Z. Talakhadze, N. V. Grebennikov, I. V. Bolshikh // Bulletin of scientific research results. - 2023. - No. 4. - P. 78-89.

8. **Noskov, V. N.** On scientific support for the Energy Strategy of Railway Transport / V. N. Noskov, I. V. Martynyuk, N. S. Flegontov // Transport: science, education, production: Proceedings of the International scientific and practical conference, Rostov-on-Don, April 24–26, 2024. – Rostov-on-Don: Rostov State University of Railway Engineering, 2024. – P. 110–114.

государственный университет путей
сообщения, 2024. – С. 110-114.

N.V. Grebennikov, D.A. Lyubartsev

TRACTION AND ENERGY JUSTIFICATION FOR THE USE OF HYBRID SHUNTING LOCOMOTIVES FOR PASSENGER TRAIN FORMATION ON THE NORTH CAUCASUS RAILWAY

Abstract. The article presents the concept of modernizing the TEM18DM shunting diesel locomotive by integrating an asynchronous traction drive and an on-board NE-288-870 lithium-ion energy storage device used on the EMKA2 battery-electric locomotive. Layout and circuit design solutions are proposed for implementing the energy storage system with the formation of a common DC link. The results of traction characteristics calculations across various operating modes, including movement powered by the energy storage device, are presented. It is shown that transitioning shunting operations to hybrid traction ensures a reduction in diesel fuel consumption by up to 20%, an increase in the overall efficiency of the locomotive, and an extension of the diesel engine's overhaul life.

Keywords: hybrid shunting locomotive, TEM18DM diesel locomotive, energy storage, EMKA2 electric locomotive, asynchronous traction drive, energy efficiency, passenger trains, environmental safety, energy recovery.

For citation: Grebennikov, N. V. Traction and Energy Justification for the Use of Hybrid Shunting Locomotives for Passenger Train Formation on the North Caucasus Railway / N. V. Grebennikov, D. A. Lyubartsev // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 102–107. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_102.

Сведения об авторах

Гребенников Николай Вячеславович

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

Любарцев Даниил Александрович

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

Information about the authors

Grebennikov Nikolay Vyachaslavovich

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

Lyubartsev Daniil Alexandrovich

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

Д.В. Ольховатов, Р.В. Лапшичев

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИКИ ТОКОПРИЕМНИКОВ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Аннотация. В статье представлен подход для автоматизированная система диагностики токоприёмников электровазов на основе машинного зрения, позволяющая заменить трудоёмкие и субъективные ручные осмотры бесконтактными высокоточными измерениями. Программа на Python с использованием библиотек OpenCV, NumPy и SciPy анализирует фото и видеопоток: по фотографии измеряет минимальную толщину и ширину угольной вставки, а в режиме реального времени отслеживает геометрические параметры токоприёмника по видео с светоотражающими метками, вычисляя расстояния и углы между контрольными точками. Внедрение системы позволит снизить влияние человеческого фактора, а также выявлять дефекты на ранней стадии, прогнозировать остаточный ресурс оборудования, сокращать эксплуатационные расходы и минимизировать риск аварийных ситуаций, повышая надёжность электроснабжения электроподвижного состава.

Ключевые слова: автоматизация диагностики, токоприёмники электровазов, машинное зрение, компьютерное зрение.

Для цитирования: Ольховатов, Д. В. Автоматизация процесса диагностики токоприёмников электровазов / Д. В. Ольховатов, Р. В. Лапшичев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 108–114. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_108.

В процессе современного развития транспортной инфраструктуры наблюдается тенденция к увеличению интенсивности движения [1], сопровождающаяся ростом скоростей и весовых характеристик железнодорожных составов. В этих условиях отказ такого элемента, как токоприёмник, приводит не просто к остановке состава, но и к серьезным экономическим потерям и сбоям в графике движения.

Проблема усугубляется тем, что существующая система диагностики во многом опирается на ручной труд: визуальные осмотры и периодические замеры. Это трудоёмко, субъективно и часто не позволяет выявить зарождающийся дефект на ранней стадии. Человеческий фактор и отсутствие непрерывного мониторинга – главные «узкие места» текущего подхода диагностики токоприёмников.

Для исключения влияния человеческого фактора разумно воспользоваться текущими достижениями науки в области машинного зрения и искусственного интеллекта [2 - 5].

Основой для такой автоматизации может послужить программа, предназначенная для автоматизированного измерения геометрических параметров угольной вставки токоприёмника электроподвижного состава по фотографии. Основным измеряемый параметр – минимальная рабочая толщина вставки, критичная для обеспечения надежного токосъема.

Данная программа, использующая методы компьютерного зрения на базе библиотеки OpenCV, анализирует изображение путём идентификации объектов по цветовому признаку: зелёные объекты выступают в роли калибровочных элементов с известной реальной шириной 268 мм, а тёмно-серые – это угольная вставка токоприёмника; на основе известного размера зелёного калибровочного элемента выполняется калибровка масштаба, далее производится измерение геометрических параметров угольной вставки, а результаты визуализируются путём нанесения измерительных линий и текстовой информации на исходное изображение.

Основной измеряемый параметр – минимальная рабочая толщина вставки, критичная для обеспечения надежного токосъема.

На первом шаге работы алгоритма осуществляется поиск зелёных объектов: изображение конвертируется из цветового пространства BGR в HSV для более устойчивой цветоселекции, затем формируется бинарная маска, выделяющая пиксели в заданном диапазоне зелёного цвета после чего к маске применяются морфологические операции для подавления шумов и устранения разрывов в контурах; далее выделяются внешние контуры объектов, из которых отфильтровываются те, чья площадь составляет менее 500 пикселей, для оставшихся контуров вычисляется максимальная горизонтальная ширина в пикселях посредством сканирования строк внутри ограничивающего прямоугольника, а на основе полученных данных определяется коэффициент перевода из пикселей в миллиметры для последующей калибровки.

На втором шаге алгоритма выполняется поиск тёмно-серого объекта и определение его минимальной толщины. Для надёжного выделения тёмно-серых тонов применяется комбинированная цветовая сегментация – маскирование одновременно в пространствах HSV и BGR, далее проводится морфологическая обработка с использованием ядра размером 5×10 , что позволяет усилить вертикальные структуры. Среди выделенных объектов выбирается контур с наибольшей площадью, после чего задаётся область поиска с отступом от краёв объекта для исключения краевых эффектов. В пределах этой области для каждого столбца вычисляется длина вертикальной линии внутри контура, и столбец с минимальной длиной принимается за значение минимальной толщины вставки, дополнительно определяется максимальная горизонтальная ширина вставки – она нужна для последующего сравнения.

На третьем шаге алгоритма выполняется визуализация результатов. На итоговое изображение наносятся красные линии, обозначающие максимальные горизонтальные ширины зелёных объектов, зелёные линии – для отображения минимальных вертикальных толщин тёмно-серой вставки, синие линии – показывающие максимальные горизонтальные ширины самой вставки; дополнительно добавляются жёлтые прямоугольники в качестве ограничивающих рамок объектов и серые прямоугольники, выделяющие область поиска с отступами, а также размещаются текстовые подписи с числовыми значениями проведённых измерений.

Результат работы программы по определению износа графитовых вставок токоприемника на основе методов машинного зрения представлен на рисунке 1. Также анализ изображения позволяет определять трещины в графитовых вставках токоприемника (рис.2).

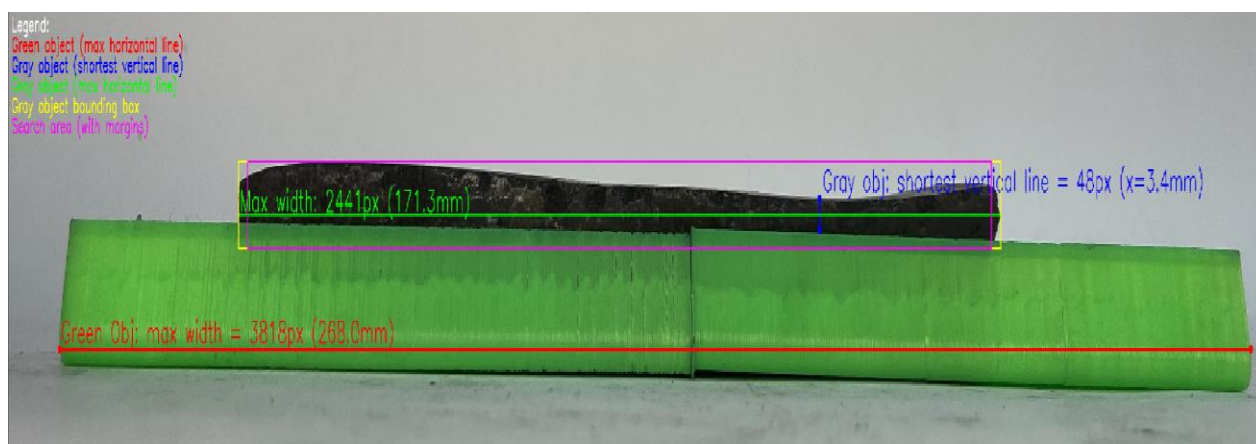


Рис. 1. Работа алгоритма определения износа графитовых вставок токоприемника

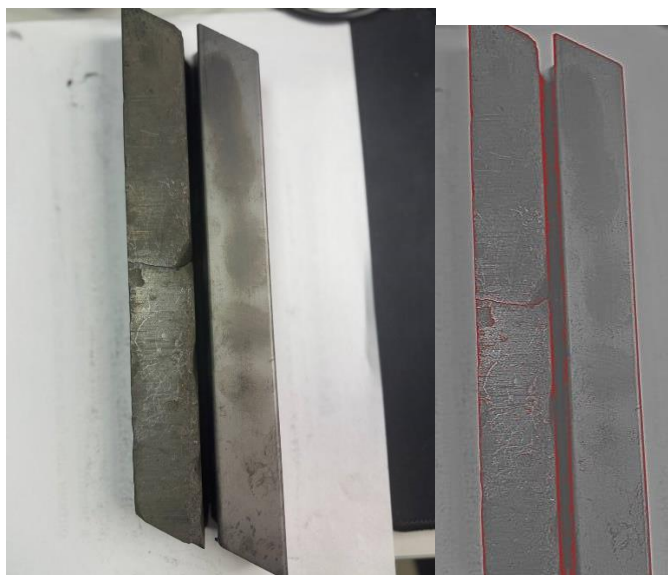


Рис. 2. Работа алгоритма нахождения трещин в графитовых вставках токоприемника

Следующим этапом стала разработка упрощенной 3D-модели токоприемника (рисунок 3) для изготовления физического макета методом

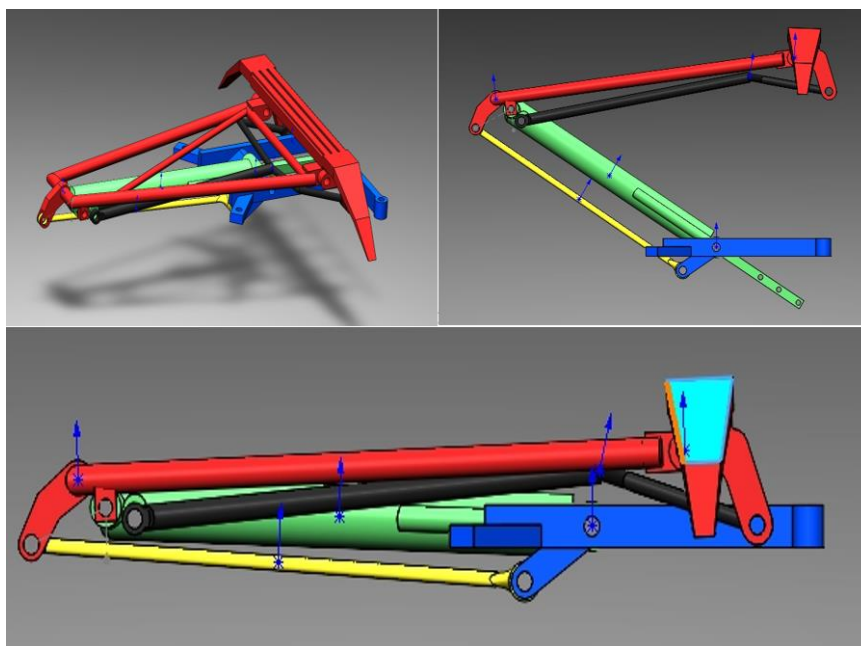


Рис. 3. Упрощенной 3D-модели токоприемника

Также был разработано программного обеспечения для контроля геометрических параметров токоприемника в реальном времени. Программа реализована на языке Python, который выбран за его гибкость, обширную библиотеку математических и графических инструментов, а также простоту интеграции с системами компьютерного зрения.

3D-печати. При подготовке модели было минимизировано количество поддерживающих конструкций, увеличена толщина стенок до 2-3 диаметров сопла принтера, сглажены острые углы и кромки, оптимизирована ориентация модели на печатной платформе. Для печати макета был выбран ABS-пластик, обладающий высокой прочностью и жесткостью,

устойчивостью к механическим нагрузкам и возможностью постобработки. Печать макета выполнена на 3D-принтере с точностью позиционирования 0,1 мм.

После печати были проведены операции по удалению поддерживающих конструкций, шлифовке поверхности для устранения слоистости и сборке отдельных напечатанных частей с помощью клеевого соединения. На контрольные точки конструкции были прикреплены светоотражающие метки для последующей обработки видеопотока. Этот этап был критически важен для реализации системы мониторинга геометрических параметров, так как метки позволяют точно фиксировать положение ключевых точек конструкции в процессе съемки. Готовая модель сборки токоприемника со светоотражающими метками представлена на рисунке 4.

Алгоритм программы работает следующим образом: с помощью камеры фиксируется видеопоток с изображением токоприемника с прикрепленными светоотражающими метками; система компьютерного зрения распознает метки и определяет их координаты в пространстве; на основе координат меток алгоритм вычисляет расстояния и углы между контрольными точками конструкции; результаты вычислений сравниваются с нормативными геометрическими параметрами, и при обнаружении отклонений программа фиксирует их и выводит соответствующую информацию для оператора.



Рис. 4. Модель токоприемника, напечатанная на 3D принтере.

Алгоритм расчета расстояний и углов (рис.5) реализован с использованием векторных операций и тригонометрических функций. Для повышения точности и скорости вычислений применяются оптимизированные математические библиотеки Python, такие как NumPy и SciPy. Обработка видеопотока осуществляется с помощью библиотеки OpenCV, которая предоставляет инструменты для захвата видео, распознавания объектов, отслеживания движения и анализа изображений. Программа способна работать в режиме реального времени, что позволяет оперативно выявлять отклонения от нормативных параметров и принимать меры по их устранению.

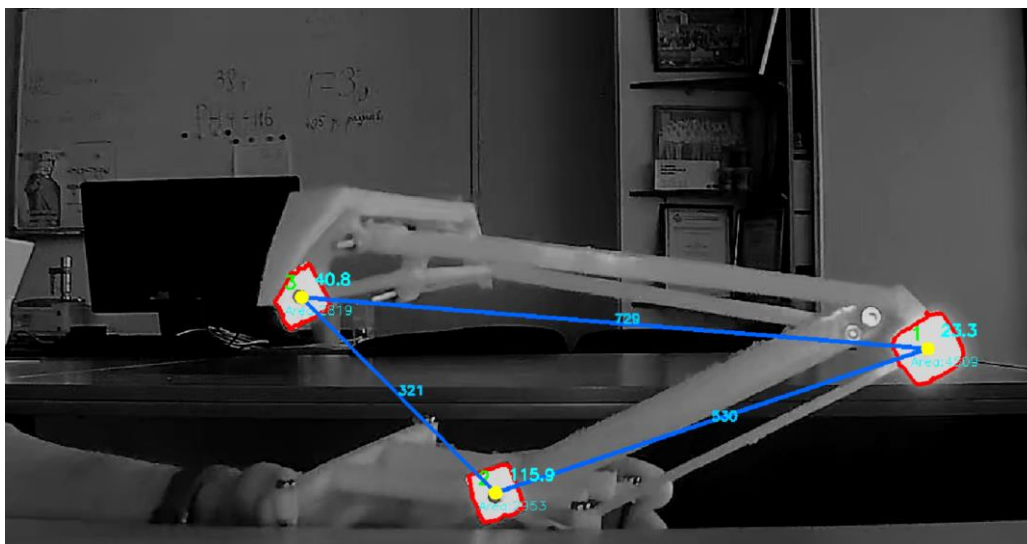


Рис. 5. Алгоритм расчета расстояний и углов между контрольными точками токоприемника

Система контроля геометрических параметров может быть интегрирована в автоматизированную линию проверки токоприемников на производстве или использоваться для периодического мониторинга состояния эксплуатируемых устройств [6]. Преимущества разработанной системы включают бесконтактный способ измерения, высокую точность и скорость диагностики, возможность автоматизации процесса контроля и снижения трудоемкости проверок. Внедрение такой системы позволит сократить количество дефектов токоприемников, повысить надежность электроснабжения электроподвижного состава и снизить эксплуатационные расходы.

Экономическая выгода применения метода обусловлена переходом от периодических осмотров к непрерывному мониторингу ключевых параметров работы токоприёмника и угольных вставок, а постоянный сбор и анализ данных позволяют выявлять дефекты на ранней стадии – до того, как они приведут к отказу, прогнозировать остаточный ресурс оборудования, минимизировать влияние человеческого фактора за счёт объективных измерений, оперативно реагировать на отклонения и тем самым снижать риск аварийных ситуаций, а также накапливать статистику, которая в дальнейшем служит основой для совершенствования процессов обслуживания.

Список литературы

1. **Дмитренко, А. В.** Оценка влияния среднего веса грузовых поездов на размеры их движения по магистральным железнодорожным линиям / А. В. Дмитренко, С. М. Наурузбаев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 4. – С. 81–89.
2. **Kolosov D. V., Zharkov Yu. I., Semenov Yu. G., Otypka J.** The principals of operation of the automated current collection diagnostic system for electrified railways // 2015 16th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE). — Kouty nad Desnou, Czech Republic, 2015. — P. 1–6.

References

1. **Dmitrenko, A. V.** Assessment of the Influence of the Average Weight of Freight Trains on the Size of Their Movement on Mainline Railway Lines / A. V. Dmitrenko, S. M. Nauruzbaev // Bulletin of the Rostov State University of Railway Engineering. – 2025. – No. 4. – Pp. 81–89.
2. **Kolosov D. V., Zharkov Yu. I., Semenov Yu. G., Otypka J.** The principals of operation of the automated current collection diagnostic system for electrified railways // 2015 16th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE). — Kouty nad Desnou, Czech Republic, 2015. — P. 1–6.

3. **Шепилова, Е. Г.** Проблемы и перспективы развития искусственного интеллекта на железнодорожном транспорте России / Е. Г. Шепилова, В. Р. Хусаинов // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию БелИИЖТа - БелГУТа. В 2-х частях, Гомель, 16–17 ноября 2023 года. – Гомель: Белорусский государственный университет транспорта, 2023. – С. 193-195. – EDN LUJHBG.

4. **Хусаинов, В. Р.** Применение искусственного интеллекта при разработке современных приложений / В. Р. Хусаинов, П. Д. Шрамкова // Цифровые инфокоммуникационные технологии : Сборник научных трудов V Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры "Связь на железнодорожном транспорте". В 2-х томах, Ростов-на-Дону, 23 октября 2025 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 212-217. – EDN HVFVJF.

5. **Бутакова, М. А.** Технологии искусственного интеллекта и его приложения : Учебно-методическое пособие / М. А. Бутакова, М. И. Мялова. – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2021. – 48 с. – EDN KHOJPY.

6. **Мялова, М. И.** Разработка пользовательского интерфейса на основе Python для автоматического выбора алгоритма кластеризации данных / М. И. Мялова, М. А. Пазин // Цифровые инфокоммуникационные технологии : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 07 сентября 2021 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 77-81. – EDN JBFZAJ.

3. **Shepilova, E. G.** Problems and Prospects of Artificial Intelligence Development in the Russian Railway Transport / E. G. Shepilova, V. R. Khusainov // Innovative Development of the Transport and Construction Complexes: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 70th Anniversary of BelIIZhTa - BelGUTa. In 2 parts, Gomel, November 16–17, 2023. – Gomel: Belarusian State University of Transport, 2023. – Pp. 193-195. – EDN LUJHBG.

4. **Khusainov, V. R.** Application of Artificial Intelligence in the Development of Modern Applications / V. R. Khusainov, P. D. Shramkova // Digital Infocommunication Technologies: Collection of Scientific Papers of the V International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 50th Anniversary of the Department of Communications in Railway Transport. In 2 volumes, Rostov-on-Don, October 23, 2025. – Rostov-on-Don: Rostov State Transport University, 2025. – Pp. 212-217. – EDN HVFVJF.

5. **Butakova, M. A.** Artificial Intelligence Technologies and Applications: A Study Guide / M. A. Butakova, M. I. Myalova. – Rostov-on-Don: Southern Federal University, 2021. – 48 p. – EDN KHOJPY.

6. **Myalova, M. I.** Development of a Python-based user interface for automatically selecting a data clustering algorithm / M. I. Myalova, M. A. Pazin // Digital Infocommunication Technologies : Collection of Scientific Papers, Rostov-on-Don, September 7, 2021. – Rostov-on-Don: Rostov State Transport University, 2021. – Pp. 77-81. – EDN JBFZAJ.

D.V. Olkhovatov, R.V. Lapshichev

AUTOMATION OF THE DIAGNOSTICS PROCESS OF ELECTRIC LOCOMOTIVE CURRENT RECEIVERS

Abstract. The paper presents an automated system for diagnosing electric locomotive current collectors based on machine vision, which allows for the

replacement of time-consuming and subjective manual inspections with non-contact, high-precision measurements. The Python program, using the OpenCV, NumPy, and SciPy libraries, analyzes photos and video streams. It measures the minimum thickness and width of the carbon insert using photos, and tracks the geometric parameters of the current collector in real-time using video with reflective markers, calculating the distances and angles between control points. A 3D model of the current collector has been created for testing purposes. The implementation of the system reduces the influence of the human factor, allows for the detection of defects at an early stage, the prediction of the residual resource of equipment, the reduction of operating costs, and the minimization of the risk of emergencies, thereby increasing the reliability of the power supply for electric rolling stock.

Keywords: automation of diagnostics, electric locomotive current collectors, machine vision, computer vision.

For citation: Olkhovaton, D. V. Automation of the Process of Diagnostics of Electric Locomotive Current Collectors / D. V. Olkhovaton, R. V. Lapshichev // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 108–114. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_1_108.

Сведения об авторах

Ольховатов Дмитрий Викторович

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

Лапшичёв Руслан Витальевич

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

Information about the authors

Olkhovaton Dmitry Viktorovich

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

Lapshichev Ruslan Vitalievich

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

М.В. Чавычалов, И.И. Лубенец

НЕЙРОСЕТЕВОЙ КОНТРОЛЬ БДИТЕЛЬНОСТИ МАШИНИСТА ПО ВИДЕО- И РЕЧЕВЫМ ДАННЫМ: ОБЗОР МЕТОДОВ И КОНЦЕПЦИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. Рассмотрены штатные средства контроля бдительности машиниста (рукоятка бдительности, АЛСН, КЛУБ-У, ТСКБМ) и показано, что они либо срабатывают уже после утраты контроля над поездом, либо требуют контакта с телом и оценивают один физиологический канал. По опубликованным работам систематизированы бесконтактно наблюдаемые признаки утомления и сонливости по видео (динамика моргания, PERCLOS, положение головы) и по речи (темп, паузы, основная частота, кепстральные коэффициенты) с указанием источника и достигнутых показателей. Предложена концепция бортовой системы, объединяющей видео- и речевой каналы нейросетевой моделью с гибридным слиянием, и программа её проверки: метрики, критерии для бортовой платформы, этапы испытаний.

Ключевые слова: безопасность труда машиниста, безопасная эксплуатация транспортных машин, человеческий фактор, бдительность, ТСКБМ, компьютерное зрение, PERCLOS, анализ речи, мультимодальное слияние, искусственные нейронные сети.

Для цитирования: Чавычалов, М. В. Нейросетевой контроль бдительности машиниста по видео- и речевым данным: обзор методов и концепция мультимодальной системы / М. В. Чавычалов, И. И. Лубенец // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 115–128. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_115.

1. Введение

Происшествия, обусловленные действиями человека, остаются ведущей категорией на железнодорожном транспорте. По данным Федеральной железнодорожной администрации США, в 2005 г. на человеческий фактор пришлось 38 % происшествий с поездами [1], а в 2022 г. частота таких происшествий достигла максимального за 14 лет значения 1,43 на миллион поездо-миль [2]. На железных дорогах Европейского союза в 2018–2022 гг. ежегодно регистрировалось в среднем около 2 275 проездов запрещающего сигнала [3]. По выборкам происшествий с участием машиниста утомление отмечено как фактор в 17–21 % случаев [4]. В отчётности ОАО «РЖД» за 2024 г. приведено 535 нарушений безопасности движения по ответственности холдинга против 639 годом ранее, без распределения по причинам [5]; открытых данных о доле локомотивных бригад в этой статистике авторам найти не удалось.

За утомлением и сонливостью стоит снижение психофизиологической готовности машиниста: замедление реакции, провалы внимания, микросон. Именно это состояние должно выявляться системой контроля, причём до того, как оно приведёт к ошибке управления.

Штатные локомотивные устройства безопасности решают иную задачу. Рукоятка бдительности требует периодического подтверждения со стороны машиниста; при отсутствии подтверждения снимается питание с электропневматического клапана автостопа и включается экстренное торможение. Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа (АЛСН) и комплексное локомотивное устройство безопасности КЛУБ-У переносят показания путевых светофоров в кабину и останавливают поезд при проезде запрещающего сигнала или превышении скорости [6]. Устройства обоих классов реактивны:

они фиксируют уже совершённую ошибку или отсутствие реакции, но не состояние, которое к ним приводит. С точки зрения безопасной эксплуатации транспортной машины это означает, что машинист как звено системы «машинист — локомотив — участок» контролируется только по факту отказа.

Единственным серийным средством, оценивающим состояние машиниста непосредственно, является телемеханическая система контроля бодрствования машиниста (ТСКБМ), внедряемая с 1996 г. и основанная на регистрации электродермальной активности через носимый браслет [6, 7]. Подход имеет три ограничения. Во-первых, он контактный: браслет создаёт дополнительную нагрузку, и по результатам интервью с машинистами сама система становится источником стрессовых ситуаций [7]. Во-вторых, независимая лабораторная проверка запястного устройства того же класса (*DVTCS, Driver Vigilance Telemetric Control System*, контроль по электродермальной активности) на 15 испытуемых при 28 часах бодрствования показала, что электродермальный показатель не отреагировал на достигнутый в эксперименте уровень сонливости [8]; является ли *DVTCS* экспортным вариантом ТСКБМ, по опубликованным данным установить не удалось. В-третьих, сигнал носимой части поддаётся имитации: отраслевая пресса фиксирует распространённую среди локомотивных бригад практику применения устройств, подающих системе требуемый сигнал бодрствования, и ответные меры производителя по их нейтрализации [9, 10]; рецензируемых оценок масштаба явления не обнаружено. Один контактный физиологический канал не обеспечивает ни требуемой надёжности, ни приемлемости для персонала. Кроме того, контактный канал контролирует не столько состояние машиниста, сколько наличие сигнала с браслета.

Отсюда следует постановка задачи: необходима бесконтактная система, оценивающая состояние машиниста по нескольким независимым каналам до наступления критической фазы.

2. Цель работы

Цель статьи – систематизировать опубликованные данные о бесконтактных признаках утомления по видео и речи, предложить концепцию мультимодальной нейросетевой архитектуры контроля состояния машиниста как элемента системы обеспечения безопасной эксплуатации локомотива и сформулировать программу её экспериментальной проверки.

3. Подходы к мониторингу состояния машиниста

Методы мониторинга делятся на контактные и бесконтактные. Контактные регистрируют физиологические сигналы: электроэнцефалограмму (ЭЭГ), электрокардиограмму (ЭКГ), кожную проводимость. Они информативны: для машинистов высокоскоростных поездов предлагались носимые ЭЭГ-устройства [11], а совместная обработка ЭЭГ и ЭКГ обеспечивает высокую точность распознавания утомления в лабораторных условиях [12]. Однако в кабине они наследуют ограничения ТСКБМ: датчики мешают работе, а качество сигнала снижается при движении и потоотделении; в итоге персонал склонен от них отказываться.

Бесконтактные методы не требуют от машиниста никаких дополнительных действий. Два основных направления – компьютерное зрение и анализ речи. Согласно обзорам систем детекции утомления и отвлечения водителей, автомобильные системы мониторинга опираются прежде всего на видеокамеру в кабине: детекция лица, ключевые точки, показатели моргания, положение головы, зевота [13, 14].

Для железнодорожного транспорта опубликованных работ существенно меньше, и все они используют только видео. Для машинистов реализована схема с детекцией лица по локальным бинарным шаблонам, регрессией ключевых точек и нечётким выводом по признакам глаз, рта и головы с заявленной точностью 95 % при нормальном освещении и 86,8 % при слабом [15]. Лёгкая свёрточная сеть с механизмом внимания на собственном наборе из 6 991 кадра дала точность 96,8 %, при этом отмечена деградация при солнечных бликах [16]. Детекторы семейства YOLO на 6 115 изображениях достигли *mAP50* 97,1 % [4].

В работе [17] по лицевым и скелетным ключевым точкам машиниста строится направленный граф и различаются три состояния: бодрствование, невнимательность, патологическое состояние. Речевой канал для оценки состояния машиниста ни в одной из этих работ не используется.

Отечественные разработки бортовых нейросетевых систем ведёт АО «НИИАС». В комплексе технического зрения электропоезда ЭС2Г «Ласточка» применяются семантическая сегментация колеи, нейросетевой анализ поз человека для распознавания ручных сигналов и распознавание голосовых команд составителя [18]; состав бортовых сенсоров (камеры видимого и инфракрасного диапазонов, лидары, радары) и уровни комплексирования их данных для систем автоведения рассмотрены в работе [19]. Контроль бодрствования машиниста в запатентованных решениях института включён в архитектуру бортовой системы, но реализован контактно, через узел регистрации кожно-гальванической реакции [20], либо через подтверждение запроса рукояткой, при том что стереокамеры устройства направлены на путь, а не на машиниста [21]. Таким образом, нейросетевые модули анализа поз и речи в отечественной практике уже применяются на борту, но обращены к внешней сцене; задача переноса их на оценку состояния самого машиниста остаётся открытой.

Общая слабость одноканальных систем видна по самим этим публикациям: освещение, блики, очки, поворот головы. На участках с автоведением малоинформативны и поведенческие признаки управления. Отсюда потребность во втором независимом канале.

4. Визуальные признаки утомления

Из поведенческих признаков наиболее проверены параметры глаз. Показатель PERCLOS (*percentage of eye closure*) введён как доля времени в минутном окне, в течение которого глаза закрыты не менее чем на 80 % (вариант P80) [22]. В исследовании с психомоторным тестом бдительности PERCLOS оказался наиболее надёжным из проверенных показателей, включая ЭЭГ и параметры моргания [23]; этот вывод подтверждён и в недавнем обзоре [24]. Пороговые значения, при которых состояние считается опасным, в первоисточниках не зафиксированы; в прикладных работах они лежат в диапазоне примерно 7,5–15 %, поэтому при интерпретации необходимо явно указывать вариант метрики и длину окна. Критика PERCLOS как единственного показателя приведена в работе [25].

Частота моргания сама по себе ненадёжна: в покое она составляет в среднем 17 актов в минуту, при разговоре возрастает до 26, при чтении снижается до 4,5 [26], а при работе с дисплеем — с 22 до 7 [27]. Более информативна длительность закрытия: с ростом сонливости закономерно изменяются длительность моргания и время повторного открытия века, а доля длинных закрытий становится самостоятельным параметром [28]. На выборке из 129 человек лучшими индикаторами утомления названы длительность моргания, задержка открытия века, интервал между морганиями и нормированная скорость закрытия [29]. Закрытия глаз длительностью более 0,5 с в ряде работ трактуются как поведенческий микросон [30].

Положение головы дополняет картину: при снижении тонуса мышц шеи голова опускается вперёд или запрокидывается, и угол наклона в сочетании с замедлением движений глаз указывает на переход в сонливость. Зевота как отдельный признак слабее, поскольку возникает и по иным причинам, однако её повторение в коротком окне вместе с другими маркерами повышает достоверность оценки.

Извлечение перечисленных признаков выполняется по стандартному конвейеру. Детекция лица исторически выполнялась каскадами Хаара [31]; в настоящее время применяются глубокие детекторы MTCNN и RetinaFace, устойчивые к изменению освещения, поворотам и частичным окклюзиям [32, 33]. Далее локализуются ключевые точки: 68-точечная разметка по протоколу 300-W [34], реализованная в библиотеке Dlib ансамблем регрессионных деревьев [35], либо 468-точечная сетка MediaPipe Face Mesh, рассчитанная на мобильные устройства [36]. Последнее свойство существенно для бортового исполнения.

По координатам шести точек контура века $p_1 \dots p_6$ (рис. 1) вычисляется коэффициент раскрытия глаза EAR (*eye aspect ratio*) по формуле (1) [37]:

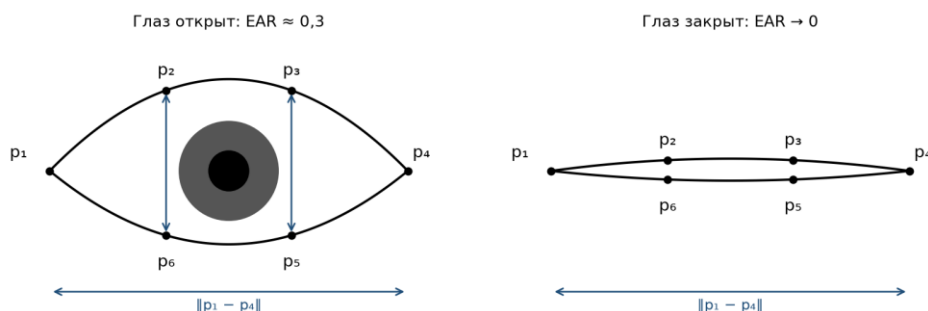


Рис. 1. Ключевые точки контура века $p_1 \dots p_6$, по которым вычисляется EAR: при закрытии глаза вертикальные расстояния стремятся к нулю, горизонтальное не изменяется

$$EAR = \frac{\|p_2 - p_6\| + \|p_3 - p_5\|}{2\|p_1 - p_4\|}, \quad (1)$$

где числитель отражает вертикальное раскрытие, знаменатель – горизонтальный размер глаза. При закрытии глаза значение EAR резко падает. В качестве базового порога закрытого глаза принято значение 0,2, а лучший результат в исходной работе дал классификатор по окну из 13 кадров [37]; в прикладных системах порог подбирается под камеру и конкретного машиниста. Показатель PERCLOS для доли закрытия α на скользящем окне ΔT определяется по формуле (2):

$$PERCLOS(\alpha) = \frac{1}{\Delta T} \int_{t-\Delta T}^t \mathbf{1}[EAR(\tau) < EAR_{\max}(1 - \alpha)] d\tau, \quad (2)$$

где $\mathbf{1}[\cdot]$ — индикаторная функция, равная единице при выполнении условия в скобках и нулю в остальных случаях; $EAR_{\max}$ — раскрытие глаза данного машиниста в бодром состоянии; $\alpha = 0,8$ для варианта P80. Интеграл равен суммарному времени внутри окна, в течение которого глаз закрыт не менее чем на долю α . Временные ряды EAR, PERCLOS, углов наклона головы и раскрытия рта подаются на вход модели, классифицирующей состояние.

Для отработки видеоканала доступны публичные наборы данных: NTHU-DDD с постановочной сонливостью при различном освещении и в очках [38] и UTA-RLDD с реальной сонливостью, размеченной по самооценке [39]. Оба сняты в автомобильных или лабораторных условиях; перенос на кабину локомотива требует отдельной проверки.

5. Акустические признаки

Речь машиниста при служебных переговорах с диспетчером и помощником — естественный источник данных, не требующий дополнительных действий. Утомление изменяет речь системно: снижается тонус мышц гортани и дыхательного аппарата, замедляется темп, уплощается интонационный контур, увеличиваются паузы.

Эти изменения количественно измерены. В эксперименте с 24-часовым бодрствованием у 18 человек возросли общее время речи, средняя длительность пауз и общее время сигнала на задачах чтения, а в спонтанной речи изменилось спектральное соотношение (альфа-отношение) [40]. Коэффициенты модели речеобразования изменялись синхронно с прямыми мерами утомления и временем бодрствования [41]. По признакам основной

частоты, интенсивности, пауз, формант и кепстральных коэффициентов метод опорных векторов распознал сонливость с точностью 86,1 % на 12 испытуемых в двухклассовой постановке [42]. Задача детекции сонливости по речи выносилась и на открытое соревнование Interspeech 2011 [43].

Набор признаков в подобных системах стандартен: мел-частотные кепстральные коэффициенты (MFCC, *mel-frequency cepstral coefficients*) для тембра; основная частота и её контур для интонации; меры нестабильности фонации — джиттер (*jitter*, вариация периода основной частоты) и шиммер (*shimmer*, вариация амплитуды); паузная структура и темп. Джиттер и шиммер характеризуют голосовой сигнал, а не аппаратуру, но чувствительны к качеству записи, поэтому в условиях кабины их следует оценивать с осторожностью.

Кабина локомотива акустически сложна: шумят тяговое и вспомогательное оборудование и ходовая часть, работает радиосвязь. Устойчивость признаков к шуму здесь принципиальна, и потребуются предварительное шумоподавление и нормализация признаков. Методика сбора аудиовизуального корпуса речи в кабине транспортного средства описана в работе [44]; для машинистов такого корпуса нет, и его создание составляет отдельную задачу с разметкой состояний по стандартизованным шкалам сонливости.

Речевой канал не заменяет видеоканал, а дополняет его: он работает, когда лицо не видно, и не даёт информации, пока машинист молчит. Эта несимметричность и делает два канала взаимодополняющими.

6. Концепция мультимодальной архитектуры

Предлагается система из двух параллельных ветвей и модуля слияния (рис. 2).

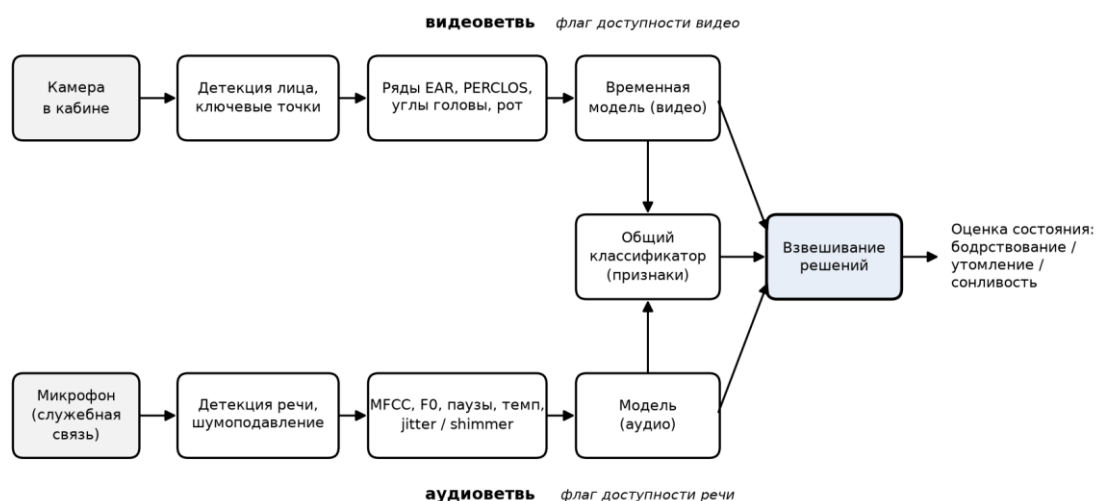


Рис. 2. Концепция мультимодальной системы контроля бдительности: видео- и аудиоветви, общий классификатор по признакам и взвешивание решений с учётом доступности модальностей

Видеоветвь включает детектор лица, локализацию ключевых точек и формирование временных рядов EAR, PERCLOS, углов наклона головы и раскрытия рта; над рядами работает временная нейросетевая модель, формирующая вектор признаков и собственную оценку состояния. Аудиоветвь включает детекцию речевой активности и вычисление MFCC, просодических и фонетических признаков по речевым фрагментам; над ними работает своя модель с вектором признаков и оценкой. Ветви функционируют независимо, и каждая формирует признак доступности своей модальности в текущем окне.

Известны два способа объединения. Слияние на уровне признаков (*feature-level fusion*) конкатенирует векторы ветвей до классификатора и позволяет модели выявлять связи между каналами, но требует синхронизации и плохо переносит пропуски данных. Слияние на уровне

решений (*decision-level fusion*) объединяет оценки ветвей взвешиванием, байесовским усреднением или обучаемым метаклассификатором и устойчиво к отказу одного канала. Опубликованные результаты свидетельствуют в пользу объединения. В каскадной схеме «PERCLOS по видео – доля вокализованных сегментов речи – подтверждение касанием» добавление речевого этапа повысило точность классификации сонливости с 86,66 до 93,33 % [45]. При слиянии на уровне признаков четырёх каналов (изображение лица, тепловизор, клавиатурная динамика, голос) на 60 испытуемых одномодальные точности 67,5–75 % возросли до 92,5 % [46]. Слияние на уровне признаков с персонализацией под конкретного водителя рассмотрено в работе [47]; связанное представление ЭЭГ, ЭКГ и лица дало 98,41 % против 94,87 % при простом объединении признаков [48]. Ни одна из этих работ не выполнена для кабины локомотива и не сочетает именно видео и речь в бортовом контуре, поэтому прирост для рассматриваемой задачи является предметом эксперимента, а не установленным фактом.

В предлагаемой архитектуре слияние гибридное: объединённый вектор признаков обеих ветвей поступает в общий классификатор, а его выход взвешивается с выходами ветвей с учётом признаков доступности модальностей. При отсутствии речи в окне вес аудиоветви обнуляется, при потере лица – вес видеоветви; при обучении пропуски модальностей моделируются явно. Классы состояния на первом этапе ограничены теми, для которых имеется разметка в доступных корпусах: бодрствование, утомление, выраженная сонливость. Распознавание стресса и когнитивной перегрузки по речи – отдельная задача, требующая собственного корпуса.

Практически это означает следующее: если камера временно не видит глаза из-за поворота головы, но машинист в этот момент говорит с замедленным темпом и длинными паузами, система сохраняет оценку по речи; при сильном шуме оценка удерживается на видеоканале. Для бортовой системы устойчивость к частичной деградации канала важнее максимальной точности в идеальных условиях.

7. Программа проверки и критерии эффективности

Проверку концепции планируется провести в три этапа: воспроизведение видеопризнаков на публичных наборах данных [38, 39]; сравнение стратегий слияния на публичных аудиовизуальных данных с искусственной деградацией каналов; стендовые испытания на собственном корпусе служебной речи и видео машинистов.

Оценивать систему предлагается по двум группам показателей. Функциональные: точность, полнота и F-мера по классам; доля ложных срабатываний, от которой прямо зависит доверие персонала; среднее время упреждения между первым устойчивым сигналом системы и наступлением выраженной сонливости по разметке; снижение показателей при отключении одного канала. Эксплуатационные: задержка вывода на бортовой платформе, энергопотребление и тепловыделение, работоспособность в температурном диапазоне кабины. Численные пороги по этим показателям до стендовых испытаний намеренно не задаются: требования к допустимой доле ложных срабатываний и времени упреждения должны быть согласованы с эксплуатирующей организацией и нормативной базой сертификации.

Кандидатами на бортовую платформу являются встраиваемые нейросетевые ускорители (NVIDIA Jetson, Intel Movidius) и отечественные микропроцессоры серии «Элвис». Выбор определяется соотношением производительности, энергопотребления и требований сертификации для подвижного состава; ориентация MediaPipe на мобильные устройства [36] и лёгкие сети из работы [16] показывают, что видеоветвь укладывается в такие ограничения.

8. Выводы

Штатные средства контроля бдительности на локомотиве — рукоятка бдительности, АЛСН, КЛУБ-У – реактивны и срабатывают после ошибки, а единственное серийное средство оценки состояния, ТСКБМ, контактно, одноканально и уязвимо для имитации сигнала, причём

для устройства того же класса независимая проверка чувствительности к сонливости не выявила. Переход к упреждающему контролю требует бесконтактной многоканальной оценки состояния машиниста.

Опубликованные результаты показывают, что видеоканал даёт проверенные маркеры (PERCLOS, длительность закрытия глаз, положение головы) и уже применялся к машинистам с точностью 95–97 % в лабораторных и постановочных условиях, а речевой канал позволяет распознавать сонливость с точностью порядка 86 % в лабораторных экспериментах. Объединение каналов в смежных задачах давало прирост от 7 до 20 процентных пунктов. Для кабины локомотива этот прирост не измерен, поэтому предложенная гибридная архитектура с явной обработкой пропусков модальностей подлежит проверке по сформулированной программе.

Дальнейшая работа включает воспроизведение видеобазлайнов на публичных наборах данных, сравнение стратегий слияния при деградации каналов, сбор и разметку корпуса служебной речи машинистов, стендовые испытания на бортовой платформе и оценку восприятия системы персоналом. Последний пункт определяет практическую пользу не в меньшей степени, чем точность: система, которой машинист не доверяет, безопасность не повысит.

Список литературы

1. Federal Railroad Administration. Railroad Operating Rules: Program of Operational Tests and In-spections; Railroad Operating Practices: Handling Equipment, Switches and Fixed Derails. Final rule / Federal Railroad Administration. – Federal Register, Vol. 73, No. 30, pp. 8442–8477, 2008. – URL: <https://www.govinfo.gov/link/fr/73/8442>.
2. U.S. Department of Transportation, Office of Inspector General. FRA Lacks Written Procedures and Formal Planning for Oversight of Railroad Hours of Service Compliance and the Passenger Railroad Fatigue Management Requirements / U.S. Department of Transportation, Office of Inspector General. – U.S. DOT Office of Inspector General, 2024. – URL: <https://www.oig.dot.gov/library-item/46212>.
3. European Union Agency for Railways. Report on Railway Safety and Interoperability in the EU 2024 / European Union Agency for Railways. – Luxembourg : European Union Agency for Railways; Publications Office of the European Union, 2024. – ISBN 978-92-9477-458-3. – DOI: 10.2821/64343.
4. **Fakhri, P.** Train driver drowsiness detection using deep learning approach / P. Fakhri, R. Fathi, A. Mirabadi // International Journal of Railway Research. – 2024. – Vol. 11, № 1. – P. 1–9. – DOI: 10.22068/ijrare.344.
5. ОАО «РЖД». Отчёт об устойчивом развитии за 2024 год. Раздел «Безопасность

References

1. Federal Railroad Administration. Railroad Operating Rules: Program of Operational Tests and In-spections; Railroad Operating Practices: Handling Equipment, Switches and Fixed Derails. Final rule / Federal Railroad Administration. – Federal Register, Vol. 73, No. 30, pp. 8442–8477, 2008. – URL: <https://www.govinfo.gov/link/fr/73/8442>.
2. U.S. Department of Transportation, Office of Inspector General. FRA Lacks Written Procedures and Formal Planning for Oversight of Railroad Hours of Service Compliance and the Passenger Railroad Fatigue Management Requirements / U.S. Department of Transportation, Office of Inspector General. – U.S. DOT Office of Inspector General, 2024. – URL: <https://www.oig.dot.gov/library-item/46212>.
3. European Union Agency for Railways. Report on Railway Safety and Interoperability in the EU 2024 / European Union Agency for Railways. – Luxembourg : European Union Agency for Railways; Publications Office of the European Union, 2024. – ISBN 978-92-9477-458-3. – DOI: 10.2821/64343.
4. **Fakhri, P.** Train driver drowsiness detection using deep learning approach / P. Fakhri, R. Fathi, A. Mirabadi // International Journal of Railway Research. – 2024. – Vol. 11, № 1. – P. 1–9. – DOI: 10.22068/ijrare.344.
5. Russian Railways (RZD). Sustainability Report 2024. Section "Traffic Safety" /

движения» / ОАО «РЖД». – 2025. – URL: <https://sr2024.rzd.ru/ru/social-aspect/health-safety/traffic-safety>.

6. **Венцевич, Л. Е.** Локомотивные устройства обеспечения безопасности движения поездов и расшифровка информационных данных их работы / Л. Е. Венцевич. – Москва : Маршрут, 2006. – 328 с. – ISBN 5-89035-339-X.

7. **Mikhailova, N. A.** Ergonomic design and implementation of a wakefulness control device for a railway train driver / N. A. Mikhailova, A. Yu. Nikolaev, O. G. Noskova // National Psychological Journal. – 2021. – Vol. 43, № 3. – P. 87–95. – DOI: 10.11621/npj.2021.0307.

8. **Dorrian, J.** The driver vigilance telemetric control system (DVTCS): Investigating sensitivity to experimentally induced sleep loss and fatigue / J. Dorrian, N. Lamond, K. Kozuchowski [et al.] // Behavior Research Methods. – 2008. – Vol. 40, № 4. – P. 1016–1025. – DOI: 10.3758/BRM.40.4.1016.

9. **Афанасьев, И.** На безопасность с прибором. Ревизоры РЖД в шоке: производители техники для локомотивов РЖД блокируют «обманки» машинистов / И. Афанасьев. – Vgudok, рубрика «Рельсы//Шпалы. Нам пишут», 2024. – URL: <https://vgudok.com/light/na-bezopasnost-s-priborom-revizory-rzhd-v-shoke-proizvoditeli-tehniki-dlya-lokomotivov-rzhd>.

10. **Максимов, В.** «Теперь я знаю, как выглядит Сатана!» – машинисты РЖД теряют сон от злости. Телемеханическая система контроля бодрствования ТСКБМ: жажда заработка или необходимость / В. Максимов. – Vgudok, рубрика «Стратегия. Безопасность», 2021. – URL: <https://vgudok.com/lenta/teper-ya-znayu-kak-vyglyadit-satana-mashinisty-rzhd-teryayut-son-ot-zlosti-telemehanicheskaya>.

11. **Zhang, X.** Design of a fatigue detection system for high-speed trains based on driver vigilance using a wireless wearable EEG / X. Zhang, J. Li, Y. Liu [et al.] // Sensors. – 2017. – Vol. 17, № 3. – P. 486. – DOI: 10.3390/s17030486.

12. **Wang, L.** EEG and ECG-Based Multi-Sensor Fusion Computing for Real-Time

Russian Railways. – 2025. – URL: <https://sr2024.rzd.ru/ru/social-aspect/health-safety/traffic-safety>.

6. **Ventsevich, L. E.** Locomotive-based train safety systems and the analysis of their operational data / L. E. Ventsevich. – Moscow : Marshrut, 2006. – 328 p. – ISBN 5-89035-339-X.

7. **Mikhailova, N. A.** Ergonomic design and implementation of a wakefulness control device for a railway train driver / N. A. Mikhailova, A. Yu. Nikolaev, O. G. Noskova // National Psychological Journal. – 2021. – Vol. 43, № 3. – P. 87–95. – DOI: 10.11621/npj.2021.0307.

8. **Dorrian, J.** The driver vigilance telemetric control system (DVTCS): Investigating sensitivity to experimentally induced sleep loss and fatigue / J. Dorrian, N. Lamond, K. Kozuchowski [et al.] // Behavior Research Methods. – 2008. – Vol. 40, № 4. – P. 1016–1025. – DOI: 10.3758/BRM.40.4.1016.

9. **Afanasyev, I.** Taking a Device to Safety. RZD Inspectors Shocked: Manufacturers of RZD Locomotive Equipment Block Engineers' "Cheating Devices" / I. Afanasyev. – Vgudok, "Rails//Ties: Letters to the Editor" section, 2024. – URL: <https://vgudok.com/light/na-bezopasnost-s-priborom-revizory-rzhd-v-shoke-proizvoditeli-tehniki-dlya-lokomotivov-rzhd>.

10. **Maksimov, V.** "Now I Know What Satan Looks Like!" – RZD Train Drivers Lose Sleep from Anger. TSKBM Telemechanical Vigilance Monitoring System: A Quest for Earnings or a Necessity? / V. Maksimov. – Vgudok, "Strategy. Safety" section, 2021. – URL: <https://vgudok.com/lenta/teper-ya-znayu-kak-vyglyadit-satana-mashinisty-rzhd-teryayut-son-ot-zlosti-telemehanicheskaya>.

11. **Zhang, X.** Design of a fatigue detection system for high-speed trains based on driver vigilance using a wireless wearable EEG / X. Zhang, J. Li, Y. Liu [et al.] // Sensors. – 2017. – Vol. 17, № 3. – P. 486. – DOI: 10.3390/s17030486.

12. **Wang, L.** EEG and ECG-Based Multi-Sensor Fusion Computing for Real-Time

Fatigue Driving Recognition Based on Feedback Mechanism / L. Wang, F. Song, T. H. Zhou [et al.] // *Sensors*. – 2023. – Vol. 23, № 20. – P. 8386. – DOI: 10.3390/s23208386.

13. **Sikander, G.** Driver fatigue detection systems: A review / G. Sikander, S. Anwar // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. – 2019. – Vol. 20, № 6. – P. 2339–2352. – DOI: 10.1109/TITS.2018.2868499.

14. **Kashevnik, A.** Driver distraction detection methods: A literature review and framework / A. Ka-shevnik, R. Shchedrin, C. Kaiser [et al.] // *IEEE Access*. – 2021. – Vol. 9. – P. 60063–60076. – DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3073599.

15. **Hao, Z.** Train driver fatigue detection based on facial multi-information fusion / Z. Hao, Y. Wang, X. Chen [et al.] // *Journal of Measurement Science and Instrumentation*. – 2023. – Vol. 14, № 4. – P. 493–500. – DOI: 10.62756/jmsi.1674-8042.2023054.

16. **Lozano-Reyes, G. S.** A vision-based drowsiness detection system for railway operators using lightweight convolutional neural networks / G. S. Lozano-Reyes, C. A. Mugruza-Vassallo // *Frontiers in Future Transportation*. – 2025. – Vol. 6. – P. 1677442. – DOI: 10.3389/ffutr.2025.1677442.

17. **Nocentini, O.** Graph-based online monitoring of train driver states via facial and skeletal features / O. Nocentini, M. Lagomarsino, G. Solak [et al.]. – 2025. – URL: <https://arxiv.org/abs/2505.08800>.

18. **Попов, П. А.** Применение технологий искусственного интеллекта для железнодорожного транспорта / П. А. Попов // *Техника железных дорог*. – 2024. – № 1 (65). – С. 22–25. – URL: <https://niias.ru/upload/iblock/385/qoq0tq4q4aen6rg08mf884o1yb19z3jo.pdf>.

19. **Озеров, А. В.** Техническое зрение в составе систем автоматического управления движением поездов / А. В. Озеров, А. С. Маршова // *Перспективные информационные технологии (ПИТ 2022): труды Международной научно-технической конференции (Самара, 18–21 апреля 2022 г.) / под ред. С. А. Прохоров. – Самара : Издательство Самарского научного центра РАН. – 2022. – С. 201–205.*

Fatigue Driving Recognition Based on Feedback Mechanism / L. Wang, F. Song, T. H. Zhou [et al.] // *Sensors*. – 2023. – Vol. 23, № 20. – P. 8386. – DOI: 10.3390/s23208386.

13. **Sikander, G.** Driver fatigue detection systems: A review / G. Sikander, S. Anwar // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. – 2019. – Vol. 20, № 6. – P. 2339–2352. – DOI: 10.1109/TITS.2018.2868499.

14. **Kashevnik, A.** Driver distraction detection methods: A literature review and framework / A. Ka-shevnik, R. Shchedrin, C. Kaiser [et al.] // *IEEE Access*. – 2021. – Vol. 9. – P. 60063–60076. – DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3073599.

15. **Hao, Z.** Train driver fatigue detection based on facial multi-information fusion / Z. Hao, Y. Wang, X. Chen [et al.] // *Journal of Measurement Science and Instrumentation*. – 2023. – Vol. 14, № 4. – P. 493–500. – DOI: 10.62756/jmsi.1674-8042.2023054.

16. **Lozano-Reyes, G. S.** A vision-based drowsiness detection system for railway operators using lightweight convolutional neural networks / G. S. Lozano-Reyes, C. A. Mugruza-Vassallo // *Frontiers in Future Transportation*. – 2025. – Vol. 6. – P. 1677442. – DOI: 10.3389/ffutr.2025.1677442.

17. **Nocentini, O.** Graph-based online monitoring of train driver states via facial and skeletal features / O. Nocentini, M. Lagomarsino, G. Solak [et al.]. – 2025. – URL: <https://arxiv.org/abs/2505.08800>.

18. **Попов, П. А.** Application of Artificial Intelligence Technologies in Railway Transport / P. A. Popov // *Railway Engineering*. – 2024. – No. 1 (65). – P. 22–25. – URL: <https://niias.ru/upload/iblock/385/qoq0tq4q4aen6rg08mf884o1yb19z3jo.pdf>.

19. **Ozerov, A. V.** Machine Vision in Automatic Train Movement Control Systems / A. V. Ozerov, A. S. Marshova // *Advanced Information Technologies (PIT 2022): Proceedings of the International Scientific and Technical Conference (Samara, April 18–21, 2022) / Ed. by S. A. Prokhorov. – Samara : Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Publishing House. – 2022. – P. 201–205. – URL:*

- URL: https://repo.ssau.ru/bitstream/Perspektivnye-informacionnye-tehnologii/TEHNICHESKOE-ZRENIE-V-SOSTAVE-SISTEM-AVTOMATICHESKOGO-UPRAVLENIYA-DVIZHENIEM-POEZDOV-101915/1/978-5-93424-880-3_2022_201-205.pdf.
20. **Баранов, А. Г.** Система управления движением поездов : патент / А. Г. Баранов, В. А. Воронин, Г. К. Кисельгоф [и др.]. — 2014. — URL: <https://patents.google.com/patent/RU2508218C1/ru>.
21. **Градусов, А. Н.** Устройство контроля за управлением локомотивом электропоезда и бдительностью машиниста : патент / А. Н. Градусов, В. Ф. Иванов, С. В. Кудряшов [и др.]. — 2025. — URL: <https://patents.google.com/patent/RU2851854C1/ru>.
22. **Wierwille, W. W.** Research on vehicle-based driver status/performance monitoring: development, validation, and refinement of algorithms for detection of driver drowsiness. Final report / W. W. Wierwille, S. S. Wreggit, C. L. Kirn [et al.]. — National Highway Traffic Safety Administration, 1994. — 247 p.
23. **Dinges, D. F.** PERCLOS: A valid psychophysiological measure of alertness as assessed by psychomotor vigilance / D. F. Dinges, R. Grace. — Federal Highway Administration, Office of Motor Carrier Research; Standards, 1998. — 4 p.
24. **Abe, T.** PERCLOS-based technologies for detecting drowsiness: current evidence and future directions / T. Abe // SLEEP Advances. — 2023. — Vol. 4, № 1. — P. zpad006. — DOI: 10.1093/sleepadvances/zpad006.
25. **Trutschel, U.** PERCLOS: An alertness measure of the past / U. Trutschel, B. Sirois, D. Sommer [et al.] // Proceedings of the Sixth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design. — 2011. — DOI: 10.17077/drivingassessment.1394.
26. **Bentivoglio, A. R.** Analysis of blink rate patterns in normal subjects / A. R. Bentivoglio, S. B. Bressman, E. Cassetta [et al.] // Movement Disorders. — 1997. — Vol. 12, № 6. — P. 1028–1034. — DOI: 10.1002/mds.870120629.
20. **Baranov, A. G.** Train traffic control system : patent / A. G. Baranov, V. A. Voronin, G. K. Kiselgof [et al.]. — 2014. — URL: <https://patents.google.com/patent/RU2508218C1/ru>.
21. **Gradusov, A. N.** Device for monitoring electric train locomotive control and driver vigilance : patent / A. N. Gradusov, V. F. Ivanov, S. V. Kudryashov [et al.]. — 2025. — URL: <https://patents.google.com/patent/RU2851854C1/ru>.
22. **Wierwille, W. W.** Research on vehicle-based driver status/performance monitoring: development, validation, and refinement of algorithms for detection of driver drowsiness. Final report / W. W. Wierwille, S. S. Wreggit, C. L. Kirn [et al.]. — National Highway Traffic Safety Administration, 1994. — 247 p.
23. **Dinges, D. F.** PERCLOS: A valid psychophysiological measure of alertness as assessed by psychomotor vigilance / D. F. Dinges, R. Grace. — Federal Highway Administration, Office of Motor Carrier Research; Standards, 1998. — 4 p.
24. **Abe, T.** PERCLOS-based technologies for detecting drowsiness: current evidence and future directions / T. Abe // SLEEP Advances. — 2023. — Vol. 4, № 1. — P. zpad006. — DOI: 10.1093/sleepadvances/zpad006.
25. **Trutschel, U.** PERCLOS: An alertness measure of the past / U. Trutschel, B. Sirois, D. Sommer [et al.] // Proceedings of the Sixth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design. — 2011. — DOI: 10.17077/drivingassessment.1394.
26. **Bentivoglio, A. R.** Analysis of blink rate patterns in normal subjects / A. R. Bentivoglio, S. B. Bressman, E. Cassetta [et al.] // Movement Disorders. — 1997. — Vol. 12, № 6. — P. 1028–1034. — DOI: 10.1002/mds.870120629.

27. **Tsubota, K.** Dry eyes and video display terminals / K. Tsubota, K. Nakamori // *New England Journal of Medicine*. — 1993. — Vol. 328, № 8. — P. 584. — DOI: 10.1056/NEJM199302253280817.

28. **Caffier, P. P.** Experimental evaluation of eye-blink parameters as a drowsiness measure / P. P. Caffier, U. Erdmann, P. Ullsperger // *European Journal of Applied Physiology*. — 2003. — Vol. 89, № 3. — P. 319–325. — DOI: 10.1007/s00421-003-0807-5.

29. **Schleicher, R.** Blinks and saccades as indicators of fatigue in sleepiness warnings: looking tired? / R. Schleicher, N. Galley, S. Briest [et al.] // *Ergonomics*. — 2008. — Vol. 51, № 7. — P. 982–1010. — DOI: 10.1080/00140130701817062.

30. **Buckley, R. J.** Attention lapses and behavioural microsleeps during tracking, psychomotor vigilance, and dual tasks / R. J. Buckley, W. S. Helton, C. R. H. Innes [et al.] // *Consciousness and Cognition*. — 2016. — Vol. 45. — P. 174–183. — DOI: 10.1016/j.concog.2016.09.002.

31. **Viola, P.** Rapid object detection using a boosted cascade of simple features / P. Viola, M. Jones // *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001)*. — 2001. — P. I-511-I-518. — DOI: 10.1109/CVPR.2001.990517.

32. **Zhang, K.** Joint face detection and alignment using multitask cascaded convolutional networks / K. Zhang, Z. Zhang, Z. Li [et al.] // *IEEE Signal Processing Letters*. — 2016. — Vol. 23, № 10. — P. 1499–1503. — DOI: 10.1109/LSP.2016.2603342. — URL: <https://arxiv.org/abs/1604.02878>.

33. **Deng, J.** RetinaFace: Single-shot multi-level face localisation in the wild / J. Deng, J. Guo, E. Ververas [et al.] // *2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. — 2020. — P. 5202–5211. — DOI: 10.1109/CVPR42600.2020.00525.

34. **Sagonas, C.** 300 Faces in-the-wild challenge: The first facial landmark localization challenge / C. Sagonas, G. Tzimiropoulos, S. Zafeiriou [et al.] // *2013 IEEE International Conference on Computer*

27. **Tsubota, K.** Dry eyes and video display terminals / K. Tsubota, K. Nakamori // *New England Journal of Medicine*. — 1993. — Vol. 328, № 8. — P. 584. — DOI: 10.1056/NEJM199302253280817.

28. **Caffier, P. P.** Experimental evaluation of eye-blink parameters as a drowsiness measure / P. P. Caffier, U. Erdmann, P. Ullsperger // *European Journal of Applied Physiology*. — 2003. — Vol. 89, № 3. — P. 319–325. — DOI: 10.1007/s00421-003-0807-5.

29. **Schleicher, R.** Blinks and saccades as indicators of fatigue in sleepiness warnings: looking tired? / R. Schleicher, N. Galley, S. Briest [et al.] // *Ergonomics*. — 2008. — Vol. 51, № 7. — P. 982–1010. — DOI: 10.1080/00140130701817062.

30. **Buckley, R. J.** Attention lapses and behavioural microsleeps during tracking, psychomotor vigilance, and dual tasks / R. J. Buckley, W. S. Helton, C. R. H. Innes [et al.] // *Consciousness and Cognition*. — 2016. — Vol. 45. — P. 174–183. — DOI: 10.1016/j.concog.2016.09.002.

31. **Viola, P.** Rapid object detection using a boosted cascade of simple features / P. Viola, M. Jones // *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001)*. — 2001. — P. I-511-I-518. — DOI: 10.1109/CVPR.2001.990517.

32. **Zhang, K.** Joint face detection and alignment using multitask cascaded convolutional networks / K. Zhang, Z. Zhang, Z. Li [et al.] // *IEEE Signal Processing Letters*. — 2016. — Vol. 23, № 10. — P. 1499–1503. — DOI: 10.1109/LSP.2016.2603342. — URL: <https://arxiv.org/abs/1604.02878>.

33. **Deng, J.** RetinaFace: Single-shot multi-level face localisation in the wild / J. Deng, J. Guo, E. Ververas [et al.] // *2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. — 2020. — P. 5202–5211. — DOI: 10.1109/CVPR42600.2020.00525.

34. **Sagonas, C.** 300 Faces in-the-wild challenge: The first facial landmark localization challenge / C. Sagonas, G. Tzimiropoulos, S. Zafeiriou [et al.] // *2013 IEEE International Conference on Computer*

Vision Workshops. — 2013. — P. 397–403. — DOI: 10.1109/ICCVW.2013.59.

35. **Kazemi, V.** One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees / V. Kazemi, J. Sullivan // 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. — 2014. — P. 1867–1874. — DOI: 10.1109/CVPR.2014.241.

36. **Kartynnik, Y.** Real-time facial surface geometry from monocular video on mobile GPUs / Y. Kartynnik, A. Ablavatski, I. Grishchenko [et al.]. — 2019. — URL: <https://arxiv.org/abs/1907.06724>.

37. **Soukupová, T.** Real-time eye blink detection using facial landmarks / T. Soukupová, J. Čech // 21st Computer Vision Winter Workshop (CVWW 2016) / eds. L. Čehovin, R. Mandeljc, V. Štruc. — Rimske Toplice, Slovenia. — 2016. — URL: <https://cmp.felk.cvut.cz/ftp/articles/cech/Soukupova-CVWW-2016.pdf>.

38. **Weng, C.-H.** Driver drowsiness detection via a hierarchical temporal deep belief network / C.-H. Weng, Y.-H. Lai, S.-H. Lai // Computer Vision – ACCV 2016 Workshops. — Springer. — 2017. — P. 117–133. — DOI: 10.1007/978-3-319-54526-4_9.

39. **Ghoddosian, R.** A realistic dataset and baseline temporal model for early drowsiness detection / R. Ghoddosian, M. Galib, V. Athitsos // 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). — 2019. — P. 178–187. — DOI: 10.1109/CVPRW.2019.00027. — URL: <https://arxiv.org/abs/1904.07312>.

40. Vogel, A. P. Acoustic analysis of the effects of sustained wakefulness on speech / A. P. Vogel, J. Fletcher, P. Maruff // The Journal of the Acoustical Society of America. — 2010. — Vol. 128, № 6. — P. 3747–3756. — DOI: 10.1121/1.3506349.

41. **Greeley, H. P.** Fatigue estimation using voice analysis / H. P. Greeley, J. Berg, E. Friets [et al.] // Behavior Research Methods. — 2007. — Vol. 39, № 3. — P. 610–619. — DOI: 10.3758/BF03193033.

42. **Krajewski, J.** Acoustic sleepiness detection: Framework and validation of a speech-adapted pattern recognition approach / J. Krajewski, A. Batliner, M. Golz // Behavior Research Methods. — 2009. — Vol. 41, № 3.

Vision Workshops. — 2013. — P. 397–403. — DOI: 10.1109/ICCVW.2013.59.

35. **Kazemi, V.** One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees / V. Kazemi, J. Sullivan // 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. — 2014. — P. 1867–1874. — DOI: 10.1109/CVPR.2014.241.

36. **Kartynnik, Y.** Real-time facial surface geometry from monocular video on mobile GPUs / Y. Kartynnik, A. Ablavatski, I. Grishchenko [et al.]. — 2019. — URL: <https://arxiv.org/abs/1907.06724>.

37. **Soukupová, T.** Real-time eye blink detection using facial landmarks / T. Soukupová, J. Čech // 21st Computer Vision Winter Workshop (CVWW 2016) / eds. L. Čehovin, R. Mandeljc, V. Štruc. — Rimske Toplice, Slovenia. — 2016. — URL: <https://cmp.felk.cvut.cz/ftp/articles/cech/Soukupova-CVWW-2016.pdf>.

38. **Weng, C.-H.** Driver drowsiness detection via a hierarchical temporal deep belief network / C.-H. Weng, Y.-H. Lai, S.-H. Lai // Computer Vision – ACCV 2016 Workshops. — Springer. — 2017. — P. 117–133. — DOI: 10.1007/978-3-319-54526-4_9.

39. **Ghoddosian, R.** A realistic dataset and baseline temporal model for early drowsiness detection / R. Ghoddosian, M. Galib, V. Athitsos // 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). — 2019. — P. 178–187. — DOI: 10.1109/CVPRW.2019.00027. — URL: <https://arxiv.org/abs/1904.07312>.

40. Vogel, A. P. Acoustic analysis of the effects of sustained wakefulness on speech / A. P. Vogel, J. Fletcher, P. Maruff // The Journal of the Acoustical Society of America. — 2010. — Vol. 128, № 6. — P. 3747–3756. — DOI: 10.1121/1.3506349.

41. **Greeley, H. P.** Fatigue estimation using voice analysis / H. P. Greeley, J. Berg, E. Friets [et al.] // Behavior Research Methods. — 2007. — Vol. 39, № 3. — P. 610–619. — DOI: 10.3758/BF03193033.

42. **Krajewski, J.** Acoustic sleepiness detection: Framework and validation of a speech-adapted pattern recognition approach / J. Krajewski, A. Batliner, M. Golz // Behavior Research Methods. — 2009. — Vol. 41, № 3.

— P. 795–804. — DOI: 10.3758/BRM.41.3.795.

43. **Schuller, B.** The INTERSPEECH 2011 speaker state challenge / B. Schuller, S. Steidl, A. Batliner [et al.] // Interspeech 2011. — 2011. — P. 3201–3204. — DOI: 10.21437/Interspeech.2011-801.

44. **Kashevnik, A.** Multimodal corpus design for audio-visual speech recognition in vehicle cabin / A. Kashevnik, I. Lashkov, A. Axyonov [et al.] // IEEE Access. — 2021. — Vol. 9. — P. 34986–35003. — DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3062752.

45. **Dasgupta, A.** A smartphone-based drowsiness detection and warning system for automotive drivers / A. Dasgupta, D. Rahman, A. Routray // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. — 2019. — Vol. 20, № 11. — P. 4045–4054. — DOI: 10.1109/TITS.2018.2879609.

46. **Virk, J. S.** A multimodal feature fusion framework for sleep-deprived fatigue detection to prevent accidents / J. S. Virk, M. Singh, M. Singh [et al.] // Sensors. — 2023. — Vol. 23, № 8. — P. 4129. — DOI: 10.3390/s23084129.

47. **Jo, J.** Detecting driver drowsiness using feature-level fusion and user-specific classification / J. Jo, S. J. Lee, K. R. Park [et al.] // Expert Systems with Applications. — 2014. — Vol. 41, № 4. — P. 1139–1152. — DOI: 10.1016/j.eswa.2013.07.108.

48. **Cao, S.** Optimized driver fatigue detection method using multimodal neural networks / S. Cao, P. Feng, W. Kang [et al.] // Scientific Reports. — 2025. — Vol. 15. — P. 12240. — DOI: 10.1038/s41598-025-86709-1.

— P. 795–804. — DOI: 10.3758/BRM.41.3.795.

43. **Schuller, B.** The INTERSPEECH 2011 speaker state challenge / B. Schuller, S. Steidl, A. Batliner [et al.] // Interspeech 2011. — 2011. — P. 3201–3204. — DOI: 10.21437/Interspeech.2011-801.

44. **Kashevnik, A.** Multimodal corpus design for audio-visual speech recognition in vehicle cabin / A. Kashevnik, I. Lashkov, A. Axyonov [et al.] // IEEE Access. — 2021. — Vol. 9. — P. 34986–35003. — DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3062752.

45. **Dasgupta, A.** A smartphone-based drowsiness detection and warning system for automotive drivers / A. Dasgupta, D. Rahman, A. Routray // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. — 2019. — Vol. 20, № 11. — P. 4045–4054. — DOI: 10.1109/TITS.2018.2879609.

46. **Virk, J. S.** A multimodal feature fusion framework for sleep-deprived fatigue detection to prevent accidents / J. S. Virk, M. Singh, M. Singh [et al.] // Sensors. — 2023. — Vol. 23, № 8. — P. 4129. — DOI: 10.3390/s23084129.

47. **Jo, J.** Detecting driver drowsiness using feature-level fusion and user-specific classification / J. Jo, S. J. Lee, K. R. Park [et al.] // Expert Systems with Applications. — 2014. — Vol. 41, № 4. — P. 1139–1152. — DOI: 10.1016/j.eswa.2013.07.108.

48. **Cao, S.** Optimized driver fatigue detection method using multimodal neural networks / S. Cao, P. Feng, W. Kang [et al.] // Scientific Reports. — 2025. — Vol. 15. — P. 12240. — DOI: 10.1038/s41598-025-86709-1.

M.V. Tchavychalov, I.I. Lubenets

NEURAL-NETWORK MONITORING OF TRAIN DRIVER VIGILANCE FROM VIDEO AND SPEECH: A REVIEW OF METHODS AND A CONCEPT OF A MULTIMODAL SYSTEM

Abstract. Standard train-driver vigilance devices (the vigilance handle, ALSN cab signalling, KLUB-U and the TSKBM electrodermal bracelet) are reviewed and shown to be either reactive, i.e. triggered only after control of the train has been lost, or contact-based and single-channel. Published evidence on contact-less markers of fatigue and drowsiness is systematised for video (blink dynamics, PERCLOS, head pose) and speech (tempo, pauses, fundamental frequency, cepstral coefficients), each with its source and the accuracy reported there. A concept of an on-board system that

fuses the video and speech channels with a neural-network model and a hybrid fusion strategy is proposed together with a validation programme: a metric set, on-board platform criteria and test stages.

Keywords: train driver occupational safety, safe operation of transport machines, human factor, vigilance, TSKBM, computer vision, PERCLOS, speech analysis, multimodal fusion, artificial neural networks.

For citation: Tchavychalov, M. V. Neural-Network Monitoring of Train Driver Vigilance from Video and Speech: a Review of Methods and a Concept of a Multimodal System / M. V. Tchavychalov, I. I. Lubenets // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 115–128. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_115.

Сведения об авторах

Чавычалов Максим Вячеславович

Научно-исследовательский институт
«Специализированные вычислительные
устройства защиты и автоматика»,
кандидат технических наук, заведующий
лабораторией,
e-mail: Chavychalov-maxim@yandex.ru

Лубенец Илья Игоревич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
Аспирант,
lubenets.ilya.igorevich@gmail.com

Information about the authors

Tchavychalov Maxim Vyacheslavovich

Research Institute «Spetsvuzavtomatika»
Candidate of Technical Sciences, Head of the
Laboratory,
e-mail: Chavychalov-maxim@yandex.ru

Lubenets Ilya Igorevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Postgraduate Student,
lubenets.ilya.igorevich@gmail.com

Научное издание

**ТРУДЫ
Ростовского государственного университета
путей сообщения**

Научно-технический журнал

№ 2 (75)
2026

Полнотекстовая версия статей находится в открытом доступе на сайте
Российской научной электронной библиотеки: www.elibrary.ru
Научной электронной библиотеки «КиберЛенинка» <https://cyberleninka.ru/>
Журнал обрабатывается в системах индексов научного цитирования
РИНЦ и ScienceIndex

Оригинал-макет журнала подготовлен Т. З. Талахадзе

Подписано в печать 26.06.2026.	Формат 60×84/8.	Бумага офсетная.
Дата выхода в свет 26.06.2026.	Усл. печ. л. 15.11	Изд. № 61.
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**