

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

В Е С Т Н И К

**ЛУГАНСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**№ 3 (4)
2025**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Издательство ЛГУ им. В. Даля
Луганск
2025**

ВЕСТНИК

ЛУГАНСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

№3 (4) 2025

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ОСНОВАН В 2015 ГОДУ
ВХОДИТ В БАЗУ РИНЦ

Учредитель

ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет
имени Владимира Даля»

VESTNIK

LUGANSK
VLADIMIR DAHL
STATE UNIVERSITY

№ 3 (4) 2025

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 2015
INCLUDED INTO THE BASE OF RISC

Founder

LSU NAMED AFTER V. DAHL

Входит в базу данных Российского индекса научного цитирования
(Лицензионный договор № 77-04/2025)

Главный редактор

Киреев Андрей Николаевич, д-р техн. наук (ЛГУ им. В. Даля, Луганск)

Ответственный секретарь

Чижевская Дарья Юрьевна, к-т техн. наук (ЛГУ им. В. Даля, Луганск)

Редакционная коллегия серии:

Антощенко Николай Иванович, д-р.техн.наук (ЛГУ им. В. Даля, Луганск)
Батышев Константин Александрович, д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва)
Беляев Сергей Владимирович, д-р техн. наук (СФУ, Красноярск)
Дейнека Иннеса Григорьевна, д-р техн. наук (ЛГУ им. В. Даля, Луганск)
Зубков Виктор Егорович, д-р техн. наук (ЛГУ им. В. Даля, Луганск)
Ленич Сергей Васильевич, к-т техн. наук (ЛГУ им. В. Даля, Луганск)
Семенов Константин Геннадьевич, д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва)
Сёмин Дмитрий Александрович, д-р.техн.наук (ЛГУ им. В. Даля, Луганск)
Тарарычкин Игорь Александрович, д-р техн. наук (ЛГУ им. В. Даля, Луганск)
Турушина Наталья Владимировна, к-т техн. наук (ЛГУ им. В. Даля, Луганск)
Филатьев Михаил Владимирович, д-р техн. наук (ЛГУ им. В. Даля, Луганск)
Чижевская Дарья Юрьевна, к-т техн. наук (ЛГУ им. В. Даля, Луганск)
Энглезы Ирина Павловна, д-р техн. наук (ДАТ, Донецк, ДНР)

Рекомендовано в печать Ученым советом
Луганского государственного университета имени Владимира Даля.
(Протокол № 1 от 05.09.2025 г.)

© Авторы, 2025
© ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет
имени Владимира Даля», 2025

С О Д Е Р Ж А Н И Е**ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**

КОНТРОЛЬ НАБОРА ПРОЧНОСТИ ОБОЛОЧЕЧНЫМ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-
ЖИДКОСТЕКОЛЬНЫМ ЛИТЕЙНЫМ СТЕРЖНЕМ В ПРОЦЕССЕ ЕГО
ИЗГОТОВЛЕНИЯ НА СТЕРЖНЕВОМ УЧАСТКЕ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА

Гутько Ю. И., Войтенко В. В., Медведчук С. А. ----- 5

БЕЗОПАСНАЯ ФОРМОВКА, КАК УНИВЕРСАЛЬНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК

Феклин Н. Д., Свинороев Ю. А., Гутько Ю. И. ----- 17

**ТРАНСПОРТНЫЕ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
СИСТЕМЫ СТРАНЫ, ЕЕ РЕГИОНОВ И ГОРОДОВ, ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОИЗВОДСТВА НА ТРАНСПОРТЕ**

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ:
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЯГОВЫХ КАЧЕСТВ АВТОПОЕЗДОВ

Андреев А. А., Петров А. Г. ----- 28

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ
ФИКСАЦИИ ГРУЗОВ В ПОЛУПРИЦЕПАХ-ФУРГОНАХ

Тарарычкин И. А., Ветерцовский В. Н. ----- 34

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА

Тарарычкин И. А., Попович А. А. ----- 42

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПАРОВОГО
ОТОПЛЕНИЯ И ПАРΟΣНАБЖЕНИЯ

Тихосова А. А., Терлыч С. В., Терновая Т. И. ----- 50

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭВАКУАЦИИ ПОСЕТИТЕЛЕЙ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ЛЕСТНИЦ

Матвеев В. А., Ничкова Л. А., Юрченко А. С. ----- 57

КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ
ТРУДА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО АЭРОСВЯЗИ И НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
МЧС ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОЕКТОВ
АЭРОНАВИГАЦИОННОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ

Павленко А. Т., Красногрудов А. В., Красногрудова Е. В. ----- 66

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ МЧС,
ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ АЭРОНАВИГАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Рыбаков А. В., Малкин В. Ю. ----- 78

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА
НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ

Смоленская Т. Ю., Сигора Г. А., Ничкова Л. А. ----- 90

CONTENTS

FOUNDRY

MONITORING THE STRENGTH GAIN OF A CELLULOSE-WATER
GLASS CASTING CORE DURING ITS MANUFACTURING PROCESS
IN THE CORE SECTION OF A FOUNDRY SHOP

Gutko Yu. I., Voytenko V. V., Medvedchuk S. A. ----- 5

SAFETY MOLDING AS A UNIVERSAL CASTING PRODUCTION

Feklin N. D., Svinoroev Yu. A., Gutko Yu. I. ----- 17

TRANSPORT AND TRANSPORTATION TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF THE COUNTRY, ITS REGIONS AND CITIES, ORGANIZATION OF PRODUCTION IN TRANSPORT

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE:
IMPROVING THE TRACTION PERFORMANCE OF ROAD TRAINS

Andreev A. A., Petrov A. G. ----- 28

RESEARCH OF PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT
OF CARGO FIXATION SYSTEMS IN SEMI-TRAILERS, VANS

Tararchkin I. A., Vettsovsky V. N. ----- 34

ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATION FOR DIFFERENT
TYPES VEHICLES TRAFFIC SAFETY

Tararychkin I. A., Popovich A. A. ----- 42

THE FEATURES OF OPERATION OF VESSEL STEAM
HEATING AND STEAM SUPPLY PIPELINES

Tikhosova A. A., Terlych S. V., Ternovaya T. I. ----- 50

LABOR SAFETY

ENSURING SAFE EVACUATION OF VISITORS WHEN USING
HISTORICAL STAIRCASES

Matveev V. A., Nichkova L. A., Yrchenko A. S. ----- 57

INTEGRATED METHODOLOGY FOR MANAGING OCCUPATIONAL SAFETY
OF SPECIALISTS IN AEROCOMMUNICATIONS AND GROUND SUPPORT
OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS IN THE IMPLEMENTATION OF
HIGH-TECH AIR NAVIGATION SUPPORT PROJECTS

Pavlenko A. T., Krasnogradov A. V., Krasnogradova E. V. ----- 66

MODERN TECHNOLOGIES FOR ASSESSING AND MANAGING OCCUPATIONAL
RISKS IN THE DEPARTMENTS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS
THAT PROVIDE AIR NAVIGATION SUPPORT FOR EMERGENCY RESCUE
OPERATIONS OF THE AIR ENVIRONMENT

Rybakov A. V., Malkin V. Y. ----- 78

IMPROVING THE LABOR PROTECTION MANAGEMENT SYSTEM
BASED ON PROFESSIONAL RISK ASSESSMENT

Smolenskaya T. Yu., Sigora G. A., Nichkova L. A. ----- 90

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 621.743.45

КОНТРОЛЬ НАБОРА ПРОЧНОСТИ ОБОЛОЧЕЧНЫМ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-ЖИДКОСТЕКОЛЬНЫМ ЛИТЕЙНЫМ СТЕРЖНЕМ В ПРОЦЕССЕ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ НА СТЕРЖНЕВОМ УЧАСТКЕ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА

Гутько Ю. И., Войтенко В. В., Медведчук С. А.

MONITORING THE STRENGTH GAIN OF A CELLULOSE-WATER GLASS CASTING CORE DURING ITS MANUFACTURING PROCESS IN THE CORE SECTION OF A FOUNDRY SHOP

Gutko Yu. I., Voytenko V. V., Medvedchuk S. A.

Аннотация. Оцениваются перспективы применения в литейном производстве оболочечных целлюлозно-жидкостекольных литейных стержней с заполнением внутренних полостей формовочным кварцевым песком либо оборотной стержневой смесью без связующего вещества. Применение таких литейных стержней позволяет снизить экологическую нагрузку на окружающую среду за счет многократного использования формовочного кварцевого песка либо оборотной стержневой смеси после регенерации выбитых из отливок литейных стержней. Такой стержневой процесс обладает достоинствами как V-процесса, так и песчано-жидкостекольного процесса. За счет этого достигается сочетание высокой термической стойкости поверхности оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня в сочетании с отличной выбиваемостью литейных стержней из отливок, сопоставимых с V-процессом. Применение пульперкартона в качестве основного компонента целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси и жидкого стекла в качестве связующего вещества позволяет изготавливать оболочечные целлюлозно-жидкостекольные литейные стержни с различной толщиной оболочки в соответствии с необходимой термической стойкостью литейного стержня, что удобно для оптимизации его свойств при литье различных металлов и сплавов. Исследуется влияние массовой доли жидкого стекла в целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси на прочность оболочки оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня, а также влияние на прочность литейного стержня заполнителя внутренней полости литейного стержня – формовочного кварцевого песка либо оборотной стержневой смеси после ее регенерации. Предлагается метод контроля набора прочности оболочечным целлюлозно-жидкостекольным литейным стержнем в процессе его изготовления на стержневом участке литейного цеха, основанный на установленной корреляционной зависимости прочности оболочки целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня с ее электрическим сопротивлением. Обсуждаются результаты исследований и даются рекомендации по применению оболочечных целлюлозно-жидкостекольных литейных стержней в литейном производстве, а также рекомендации по применению предложенного метода контроля

набора прочности оболочкой в процессе производства оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня на стержневом участке литейного цеха.

Ключевые слова: оболочечный целлюлозно-жидкостекольный литейный стержень, пульперкартон, связующее вещество, формовочный кварцевый песок, выбиваемость, набор прочности, электрическое сопротивление.

Abstract. The article evaluates the potential for using cellulose-water glass shell cores filled with quartz sand or binder-free recycled core sand in foundries. The use of such cores reduces the environmental impact by allowing for the repeated use of quartz sand or recycled core sand after regeneration of cores knocked out of castings. This core process combines the advantages of both the V-process and the sand-water glass process. This achieves a combination of high thermal resistance of the shell-type cellulose-water glass core and excellent core release from castings, comparable to the V-process. The use of pulpboard as the main component of the cellulose-water glass core mix and liquid glass as the binder allows for the production of shell-type cellulose-water glass cores with varying shell thicknesses to suit the required thermal resistance of the core, which is convenient for optimizing its properties when casting various metals and alloys. This paper examines the effect of the mass fraction of liquid glass in a cellulose-water glass core sand on the shell strength of a cellulose-water glass shell casting core, as well as the effect of the core filler—either quartz sand or recycled core sand—on the core strength. A method is proposed for monitoring the strength gain of a cellulose-water glass shell casting core during its manufacture in the foundry's core shop. This method is based on the established correlation between the shell strength of a cellulose-water glass core and its electrical resistance. The paper discusses research results and provides recommendations for the use of cellulose-water glass shell cores in foundries, as well as recommendations for the application of the proposed method for monitoring shell strength gain during the production of cellulose-water glass shell cores in the core section of a foundry.

Key words: cellulose-water glass shell core, pulpboard, binder, molding quartz sand, knockout, strength gain, electrical resistance.

Введение. Для получения внутренних полостей в отливках применяются литейные стержни различного состава. Наиболее часто применяются песчаные литейные стержни, при изготовлении которых в составе стержневой смеси в качестве основного компонента с наибольшей массовой долей в стержневой смеси используется формовочный кварцевый песок [1–3]. В качестве связующего вещества могут использоваться как органические, так и неорганические соединения [4–6]. Среди стержневых процессов наибольшее распространение получил COLD-BOX-Amin процесс, который обладает наибольшей технологичностью и скоростью

изготовления литейных стержней практически любой сложности. Однако он имеет ряд недостатков, такие как сравнительно низкая термическая стойкость поверхности песчаного литейного стержня к воздействию высоких температур со стороны расплава, а также невысокая экологичность и сравнительно высокая вредность для рабочих [7]. Поэтому в современных условиях, когда повышаются требования к безопасности и экологичности литейного производства, повышается интерес к неорганическим связующим веществам, таким как жидкое стекло, дающее поверхности песчано-жидкостекольного литейного стержня сравнительно высокую термическую

стойкость и являющегося безвредным для человека и окружающей среды [8-10]. Следует отметить, что песчано-жидкостекольная стержневая технология имеет важный недостаток – удовлетворительную выбиваемость песчано-жидкостекольных литейных стержней из отливок, что может быть вполне приемлемо при литье стали и чугуна, однако создает сложности при литье алюминиевых сплавов.

При использовании в качестве связующего вещества фурановых смол наблюдают следующее. При литье чугуна термическая стойкость поверхности песчаного литейного стержня к расплаву недостаточна, а при литье мелких отливок из алюминиевых сплавов возникают сложности с выбиваемостью таких литейных стержней. Поэтому в настоящее время не существует универсального стержневого процесса под все задачи литейного производства, удовлетворяющего современным требованиям. Ведется поиск рецептур песчано-жидкостекольных стержневых смесей, регулирующих их теплопроводность, теплоемкость, газовыделение, прочность и выбиваемость из отливок. Результаты исследований показывают, что применение нового компонента песчано-жидкостекольной стержневой смеси – измельченной морской ракушки в количестве от 5 до 25 масс. % – позволяет существенно улучшить выбиваемость из отливок литейных стержней, снизить газовыделение, повысить газопроницаемость литейного стержня, снизить теплопроводность, что позитивно сказывается на качестве отливок [11, 12].

Добавление в песчано-жидкостекольную стержневую смесь

оборотной смеси в количестве 5...20 масс. % улучшает выбиваемость литейных стержней из отливок, при этом манипуляторная и предельная прочность песчано-жидкостекольного стержня снижается лишь незначительно. Однако не следует добавлять обратную смесь в большом количестве, так как уже при массовой доле в стержневой смеси от 25 до 40 масс. % обратная смесь приводит к заметной усадке песчано-жидкостекольного литейного стержня и к образованию трещин в крупных литейных стержнях [13].

Еще одним эффективным способом улучшения выбиваемости песчано-жидкостекольных литейных стержней является добавление в состав песчано-жидкостекольной стержневой смеси мелкодисперсных металлических порошков. Так, например, добавление к песчано-жидкостекольной стержневой смеси алюминиевой пудры в количестве от 0,5 до 2 масс. % позволяет существенно повысить выбиваемость песчано-жидкостекольных литейных стержней из чугунных и стальных отливок [14].

Применение указанных выше добавок при приготовлении песчано-жидкостекольной стержневой смеси позволяет в широких пределах изменять физико-технические свойства песчано-жидкостекольных литейных стержней, расширяя их применимость в литейном производстве. Несмотря на это обозначенная проблема не может считаться полностью решенной. По мнению авторов, существуют значительные резервы усовершенствования V-процесса и оболочечного стержневого процесса, заключающиеся в объединении достоинств этих процессов на основе комбинированного стержневого процесса

производства оболочечных целлюлозно-жидкостекольных литейных стержней, заполненных формовочным кварцевым песком без связующего вещества либо оборотной смесью. Предварительные исследования, проведенные авторами, показали хорошие результаты по применению оболочечных целлюлозно-жидкостекольных литейных стержней небольших размеров, а применение в качестве заполнителя внутренней полости оболочки целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня оборотной смеси позволит экономить ресурсы и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду. Безвредность компонентов такого литейного стержня для человека позволит улучшить условия труда в литейном цехе. Отработанная технология изготовления изделий сложной формы, в том числе полых, из пульперкартона позволит сделать процесс изготовления оболочки будущего литейного стержня не менее быстродействующим путем лишь замены используемого клея на жидкое стекло, применяемое в качестве связующего вещества. Поэтому экспериментальные исследования в этом направлении являются перспективными и актуальными.

Целью работы является установление корреляционных зависимостей между физико-техническими параметрами оболочечных целлюлозно-жидкостекольных литейных стержней в процессе их изготовления и разработка метода контроля набора прочности.

Материалы и методы. Для приготовления целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси, используемой для изготовления оболочки оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня, в качестве основного компонента

использовался пульперкартон, увлажненный до требуемой консистенции, удобной для нанесения на поверхность стержневого ящика. В качестве связующего вещества использовалось жидкое стекло, массовая доля которого изменялась для достижения требуемой манипуляторной и максимальной прочности оболочки целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня. Перед тщательным механическим перемешиванием компоненты целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси взвешивались при помощи электронных весов в требуемых массовых долях. Готовая целлюлозно-жидкостекольная стержневая смесь наносилась равномерным слоем на внутреннюю поверхность стержневого ящика. Применялись стержневые ящики из алюминия и полиэтилена. Стержневые ящики конструктивно предусматривали наличие отверстия в оболочке оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня, необходимое для последующего заполнения внутренней полости сухим формовочным кварцевым песком, необходимым для придания дополнительной объемной жесткости целлюлозно-жидкостекольному литейному стержню, снижающей вероятность коробления оболочки литейного стержня, и для улучшения теплоотвода от оболочки в заполнитель – формовочный кварцевый песок.

После нанесения целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси на внутреннюю поверхность стержневого ящика происходила предварительная потеря влаги до достижения манипуляторной прочности, достаточной для извлечения оболочки литейного стержня из стержневого ящика без повреждений. Предварительная потеря

влаги происходила за счет нагрева алюминиевого стержневого ящика до температуры от 80 до 95 °С, а в случае стержневого ящика из полиэтилена – за счет микроволнового нагрева стержневой смеси. Для отверждения целлюлозно-жидкостекольных литейных стержней использовалась подогретая смесь углекислого газа с воздухом. После этого проводилась окончательная сушка оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня в сушильном шкафу при температуре от 45 до 65 °С до полного высыхания, которая контролировалась по весу оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня.

После полного высыхания оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня его внутреннее пространство заполнялось сухим формовочным кварцевым песком через технологическое отверстие, после чего отверстие запечатывалось путем нанесения целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси на его поверхность. Далее заполненный сухим формовочным кварцевым песком оболочечный целлюлозно-жидкостекольный литейный стержень дополнительно подсушивался в сушильном шкафу в потоке теплого воздуха при температуре от 45 до 65 °С. После нанесения целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси на внутреннюю поверхность стержневого ящика в процессе предварительной потери влаги целлюлозно-жидкостекольной стержневой смесью до достижения манипуляторной прочности контролировалось электрическое сопротивление слоя целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси на внутренней поверхности стержневого

ящика, для чего использовался электронный цифровой настольный мультиметр OWON XDM1241 OW307 с возможностью хранения в памяти результатов серии измерений.

В процессе набора манипуляторной прочности оболочкой оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня образцы извлекались из стержневого ящика и проходили испытания на предел прочности при растяжении, для чего использовалась установка для испытаний на прочность. Синхронизированные по времени ряды данных электрического сопротивления ставились в соответствие с величиной манипуляторной прочности, по усредненным результатам измерений строились регрессионные модели, отражающие зависимость электрического сопротивления целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси от манипуляторной прочности. Испытания оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня на коробление и термическую стойкость при воздействии высоких температур проводились в муфельной печи, где оболочечные целлюлозно-жидкостекольные литейные стержни, заполненные формовочным кварцевым песком, выдерживались при температурном режиме, схожем при воздействии расплава. При исследовании выбиваемости целлюлозно-жидкостекольных литейных стержней из алюминиевых отливок применялось сухое выбивание на вибростоле. Обратную смесь, используемую для заполнения оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня, получали переработкой выбитых песчаных литейных стержней путем просеивания.

Результаты и обсуждения. В ходе экспериментальных исследований установлено следующее. Оболочечные целлюлозно-жидкостекольные литейные стержни, внутренняя полость которых заполнена сухим формовочным кварцевым песком, обладают физико-техническими свойствами, выгодно отличающимися от традиционных объемных песчаных литейных стержней. Технология изготовления оболочечных целлюлозно-жидкостекольных литейных стержней может быть автоматизирована путем использования оборудования, аналогичного тому, что применяется для массового производства изделий сложной формы из пульперкартона. При этом достаточно заменить традиционно применяемые клеевые составы на жидкое стекло в требуемом количестве в качестве связующего вещества, для достижения необходимой манипуляторной прочности, окончательной прочности и термической стойкости оболочки оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня.

Скорость набора манипуляторной прочности оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня является важным параметром технологического процесса, определяющим время нахождения оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня в стержневом ящике до его извлечения из него. Эксперименты показали, что на скорость набора манипуляторной прочности влияют такие параметры технологического процесса, как температура стержневого ящика, материал стержневого ящика, концентрация углекислого газа в воздушной смеси, применяемого в качестве отвердителя для жидкого стекла, температура воздушной

смеси и время нахождения оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня в стержневом ящике до его извлечения из него. На практике удобнее все указанные параметры зафиксировать на одном уровне, кроме времени нахождения оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня в стержневом ящике до извлечения его из стержневого ящика, изменяя только это время и регулируя таким образом манипуляторную прочность оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня при его извлечении. Температура алюминиевого стержневого ящика может находиться в диапазоне от 80 до 95 °С, что будет обеспечивать оптимальную скорость набора манипуляторной прочности оболочечным целлюлозно-жидкостекольным литейным стержнем при некотором избыточном давлении воздушной смеси с отвердителем – углекислым газом – в стержневом ящике.

При использовании стержневых ящиков из пластмасс, например, полиэтилена, нагрев целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси может быть осуществлен при помощи микроволнового излучения либо инфракрасного излучения до заданной температуры. Массовая доля воды в целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси подбирается экспериментально таким образом, чтобы набухший пульперкартон был требуемой вязкости, удобной для нанесения целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси на рабочую поверхность стержневого ящика. Массовая доля жидкого стекла также подбирается экспериментально под тип используемого набухшего пульперкартона с учетом содержания в нем воды. Она должна обеспечить требуемую

максимальную прочность оболочки оболочечного целлюлозно-жидкостеклового литейного стержня после отверждения в нем жидкого стекла и полного высыхания оболочечного целлюлозно-жидкостеклового литейного стержня.

Момент достижения оболочечным целлюлозно-жидкостекловым литейным стержнем оптимальной манипуляторной прочности для извлечения его из стержневого ящика определить достаточно сложно, однако контроль степени отверждения жидкого стекла в целлюлозно-жидкостекловой стержневой смеси может быть осуществлен по изменению электрического сопротивления некоторого контролируемого объема стержневой смеси. Для этого в экспериментах использовалась пара плоских электродов либо пара проволочных проводников, находящихся на определенном расстоянии в целлюлозно-жидкостекловой стержневой смеси, нанесенной на рабочую внутреннюю поверхность стержневого ящика. Электрическое сопротивление контролируемого объема целлюлозно-жидкостекловой стержневой смеси измерялось в процессе отверждения жидкого стекла в среде углекислого газа в стержневом ящике при помощи электронного измерительного прибора, использующего косвенный способ определения электрического сопротивления образца путем измерения падения напряжения на образце при пропускании через него электрического тока заданной величины. В процессе набора целлюлозно-жидкостекловым литейным стержнем прочности в широких

пределах изменяется его электрическое сопротивление, что достаточно наглядно регистрируется измерительным прибором, при этом наблюдается устойчивая корреляция между прочностью целлюлозно-жидкостеклового литейного стержня и его электрическим сопротивлением. Величина коэффициента корреляции находится в диапазоне от 0,4 до 0,8 и зависит от состава целлюлозно-жидкостекловой стержневой смеси. В табл. 1 приведены результаты измерений электрического сопротивления целлюлозно-жидкостекловой стержневой смеси с содержанием массовой доли жидкого стекла от 5 масс. % до 20 масс. %, наглядно демонстрирующие изменение электрического сопротивления целлюлозно-жидкостекловой стержневой смеси в зависимости от времени набора прочности.

Изменение электрического сопротивления оболочечного целлюлозно-жидкостеклового литейного стержня в процессе набора прочности объясняется протеканием химических реакций взаимодействия связующего вещества – жидкого стекла – с отвердителем – углекислым газом – и потерей влаги за счет испарения. Снижение влажности оболочечного целлюлозно-жидкостеклового литейного стержня в процессе набора прочности не является определяющим в изменении его электрического сопротивления, которое не превышает нескольких десятков кОм, в то время как полное изменение электрического сопротивления превышает 10^5 кОм (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость электрического сопротивления образцов целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси от времени набора прочности

Время набора прочности, мин	Натриевое жидкое стекло, %				
	7	10	12	15	20
	Электрическое сопротивление образца, кОм				
0	17	10	14	3	13
30	17	12	10	10	10
40	26	11	20	11	8
65	82	11	40	29	10
95	200	18	32	40	12
115	360	21	33	40	15
145	1100	20	45	36	17
195	8800	25	30	60	64
230	52000	36	42	32	30
240	65000	49	30	32	69
280	$>10^5$	85	30	30	30
300	$>10^5$	130	30	40	60
335	$>10^5$	210	35	11	21
350	$>10^5$	250	50	10	40
360	$>10^5$	800	88	12	45
365	$>10^5$	640	101	12	50
375	$>10^5$	850	42	16	65
420	$>10^5$	1200	30	16	25
450	$>10^5$	2600	240	130	144
460	$>10^5$	3000	150	140	180

На рис. 1 в качестве примера приведены результаты испытаний на прочность при растяжении испытуемого образца целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня толщиной 3 мм с массовой долей жидкого стекла 7 масс. % в целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси на 42 минуте процесса набора прочности.

Предел прочности при растяжении для оболочечных целлюлозно-жидкостекольных литейных стержней в среднем составляет 0,6...0,7 МПа и может быть увеличен, если потребуется, путем увеличения массовой доли жидкого стекла в целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси.

По сравнению с объемными песчано-жидкостекольными литейными стержнями, быстро разрушающимися при растяжении и изгибе, оболочечные целлюлозно-

жидкостекольные литейные стержни при действии приложенной силы, близкой к пределу прочности, немного растягиваются и изгибаются, что может быть рассмотрено как их достоинство.

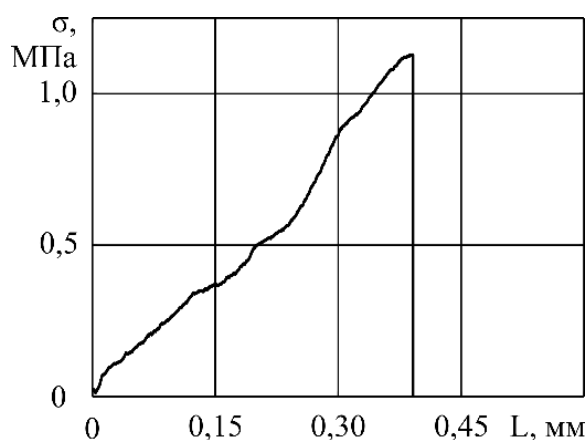


Рис. 1. Результаты испытаний на прочность при растяжении испытуемого образца целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня

Эксперименты показали, что сушка оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня с толщиной оболочки более 3 мм требует значительных затрат времени и электроэнергии при использовании сушильного шкафа, поэтому не рекомендуется для литейных стержней небольших размеров превышать указанную величину. Манипуляторная и окончательная прочность оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня сопоставима с такими же параметрами для песчано-жидкостекольного литейного стержня. По выбиваемости из отливок оболочечные целлюлозно-жидкостекольные литейные стержни с заполнением внутренней полости оболочки сухим формовочным кварцевым песком значительно превосходят песчано-жидкостекольные литейные стержни. Термическая стойкость оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня с толщиной оболочки более 2–3 мм выше, чем для песчаных литейных стержней на эпоксидных и фурановых смолах. При термическом воздействии расплава на оболочку оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня пульперкартон термически разлагается с образованием углерода, при этом прочность оболочки хоть и снижается, но остается достаточно прочной для сохранения своей формы. Так, при температуре 1500°C и времени теплового воздействия 60 секунд выгорание целлюлозы, входящей в состав пульперкартона, происходит на глубину порядка 0,8–1,2 мм, что может быть учтено при выборе толщины оболочки оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня. Образование углерода в поверхностном

слое оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня при контакте с чугуном и сталью имеет положительный эффект, подобный добавлению в песчано-жидкостекольную стержневую смесь углерода, угольной пыли либо древесных опилок с целью снижения пригара.

Выводы. Предложенная технология изготовления оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня позволит экономить ресурсы, повысить безопасность литейного производства и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду при приемлемом сочетании высокой производительности и хороших физико-технических свойствах оболочечных целлюлозно-жидкостекольных литейных стержней с заполнением оболочки сухим формовочным кварцевым песком.

Предложенный способ контроля набора манипуляторной прочности оболочечным целлюлозно-жидкостекольным литейным стержнем в стержневом ящике путем измерения электрического сопротивления целлюлозно-жидкостекольной стержневой смеси и использования корреляционной зависимости между манипуляторной прочностью и электрическим сопротивлением позволяет с хорошей точностью определить момент извлечения оболочечного целлюлозно-жидкостекольного литейного стержня с оптимальным значением манипуляторной прочности, что будет способствовать автоматизации производства оболочечных целлюлозно-жидкостекольных литейных стержней и снижению процента брака при их производстве.

Список источников

1. Hancerlioglu T. Development of Salt Core Use Alternative in Aluminum Alloy Casting Parts. *Celal Bayar University Journal of Science*. 2021;

- 18(2): 141–147. URL: <https://doi.org/10.18466/cbayarfb.1033177>.
2. Delimanová P., Vasková I., Kožej O. The study of the influence of core mixtures with varying ratios of foundry sand. *Archives of Foundry Engineering*. 2025; (3): 129–135. URL: <https://doi.org/10.24425/afe.2024.151302>.
3. Deng F., Li R., Klan S. Traceability system of sand core in casting production with a digital-twin core rack. *International Journal of Metalcasting*. 2024; (18): 2525–2532. URL: <https://doi.org/10.1007/s40962-023-01192-6>.
4. Merta V., Beňo J., Obzina T., Radkovský F., Kroupová I., Lichý P., Foltá M., Janovská K., Nguyenová I., Dostál M. Innovative Inorganic Binder Systems for the Production of Cores for Non-Ferrous Metal Alloys Reflecting the Product Quality Requirements. *Metals*. 2021; 11(5):733. URL: <https://doi.org/10.3390/met11050733>.
5. Kmita A., Dańko R., Holtzer M., Dańko J., Drożyński D., Skrzyński M., Roczniak A., Gruszka D.R., Jakubski J., Tapola S. Eco-Friendly Inorganic Binders: A Key Alternative for Reducing Harmful Emissions in Molding and Core-Making Technologies. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024; 25:5496. URL: <https://doi.org/10.3390/ijms25105496>.
6. Grabowska B., Cukrowicz S., Bobrowski A., Drożyński D., Żymankowska-Kumon S., Kaczmarek K., Tyliszczak B., Pribulová A. Organobentonite Binder for Binding Sand Grains in Foundry Moulding Sands. *Materials (Basel)*. 2023; 16(4):1585. URL: <https://doi.org/10.3390/ma16041585>.
7. Udayan N., Srinivasan M.V., Vaira Vignesh R., Govindaraju M. Elimination of casting defects induced by cold box cores. *Materials Today: Proceedings*. 2021; 46(10): 5022–5026. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.398>.
8. Kukartsev V.A., Kukartsev V.V., Tynchenko V.S., Bukhtoyarov V.V., Tynchenko V.V., Sergienko R.B., Bashmur K.A., Lysyannikov A.V. The Technology of Using Liquid Glass Mixture Waste for Reducing the Harmful Environmental Impact. *Materials (Basel)*. 2022; 15(3):1220. URL: <https://doi.org/10.3390/ma15031220>.
9. Khan M.M., Mahajani S.M., Jadhav G.N., Vishwakarma R., Malgaonkar V., Mandre S. Mechanical and thermal methods for reclamation of waste foundry sand. *Journal of Environmental Management*. 2021; 279: 111628. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111628>.
10. Sabour M.R., Akbari M., Dezvareh G. Utilization of color change and image processing to evaluate the Waste Foundry Sand reclamation level. *Journal of Materials Research and Technology*. 2020; 9(1): 1025–1031. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.11.041>.
11. Гутько Ю.И., Войтенко В.В. Выбор рецептуры жидкостекольной стержневой смеси на основе кварцевого песка, оборотной стержневой смеси и измельченной морской ракушки // World Scientific Discoveries: Сборник материалов Междунар. науч.-практ. конф., 15 дек. 2021 г. / Кемерово: ЗапСибНЦ, 2021. С. 70–73. URL: https://www.sibscience-new.ru/images/doc_temp/15_12.pdf (дата обращения: 21.09.2025).
12. Гутько Ю.И., Войтенко В.В. Исследование физико-технических характеристик жидкостекольных литейных стержней с добавлением измельченной морской ракушки, ПАВ и оборотной стержневой смеси // Ресурсосберегающие технологии производства и обработки давлением материалов в машиностроении: Сб. науч. тр. – 2021. – № 4 (37). – С. 35–51.
13. Гутько Ю.И., Войтенко В.В. Теплопроводность и теплоемкость песчаных литейных стержней на органическом связующем веществе – эпоксидной смоле – с добавлением оборотной стержневой смеси // Priority Directions of Scientific Research. Analysis, Governance, Prospects: Collection of Articles Following the Results of the International Scientific and Practical Conference (Kaluga, February 21, 2023) / Стерлитамак: АМИ, 2023. С. 58–61. URL: <https://ami.im/sbornik/MNPK-462-IN.pdf> (дата обращения: 19.09.2025).
14. Гутько Ю.И., Войтенко В.В. Экспериментальные исследования влияния мелкодисперсных металлических порошков на физико-технические характеристики песчано-

жидкостекольных литейных стержней // Литье и металлургия. Минск: БНТУ. – 2024. – № 1. – С. 20–25. URL: <https://lim.bntu.by/jour/article/view/3651/3545> (дата обращения: 19.09.2025).

References

1. Hancerlioglu T. Development of Salt Core Use Alternative in Aluminum Alloy Casting Parts. Celal Bayar University Journal of Science. 2021; 18(2): 141–147. URL: <https://doi.org/10.18466/cbayarjbe.1033177>.
2. Delimanová P., Vasková I., Kožej O. The study of the influence of core mixtures with varying ratios of foundry sand. Archives of Foundry Engineering. 2025; (3): 129–135. URL: <https://doi.org/10.24425/afe.2024.151302>.
3. Deng F., Li R., Klan S. Traceability system of sand core in casting production with a digital-twin core rack. International Journal of Metalcasting. 2024; (18): 2525–2532. URL: <https://doi.org/10.1007/s40962-023-01192-6>.
4. Merta V., Beňo J., Obzina T., Radkovský F., Kroupová I., Lichý P., Foltá M., Janovská K., Nguyenová I., Dostál M. Innovative Inorganic Binder Systems for the Production of Cores for Non-Ferrous Metal Alloys Reflecting the Product Quality Requirements. Metals. 2021; 11(5):733. URL: <https://doi.org/10.3390/met11050733>.
5. Kmita A., Dańko R., Holtzer M., Dańko J., Drożyński D., Skrzyński M., Roczniak A., Gruszka D.R., Jakubski J., Tapola S. Eco-Friendly Inorganic Binders: A Key Alternative for Reducing Harmful Emissions in Molding and Core-Making Technologies. International Journal of Molecular Sciences. 2024; 25:5496. URL: <https://doi.org/10.3390/ijms25105496>.
6. Grabowska B., Cukrowicz S., Bobrowski A., Drożyński D., Żymankowska-Kumon S., Kaczmarek K., Tyliszczak B., Pribulová A. Organobentonite Binder for Binding Sand Grains in Foundry Molding Sands. Materials (Basel). 2023; 16(4):1585. URL: <https://doi.org/10.3390/ma16041585>.
7. Udayan N., Srinivasan M.V., Vaira Vignesh R., Govindaraju M. Elimination of casting defects induced by cold box cores. Materials Today: Proceedings. 2021; 46(10): 5022–5026. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.398>.
8. Kukartsev V.A., Kukartsev V.V., Tynchenko V.S., Bukhtoyarov V.V., Tynchenko V.V., Sergienko R.B., Bashmur K.A., Lysyannikov A.V. The Technology of Using Liquid Glass Mixture Waste for Reducing the Harmful Environmental Impact. Materials (Basel). 2022; 15(3):1220. URL: <https://doi.org/10.3390/ma15031220>.
9. Khan M.M., Mahajani S.M., Jadhav G.N., Vishwakarma R., Malgaonkar V., Mandre S. Mechanical and thermal methods for reclamation of waste foundry sand. Journal of Environmental Management. 2021; 279: 111628. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111628>.
10. Sabour M.R., Akbari M., Dezvareh G. Utilization of color change and image processing to evaluate the Waste Foundry Sand reclamation level. Journal of Materials Research and Technology. 2020; 9(1): 1025–1031. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.11.041>.
11. Gutko Yu.I., Voitenko V.V. Selection of a formulation for liquid glass core mix based on quartz sand, recycled core mix, and crushed seashell // World Scientific Discoveries: Collection of materials of the Int. scientific-practical. conf., December 15. 2021 / Kemerovo: ZapSibNC, 2021. pp. 70–73. URL: https://www.sibscience-new.ru/images/doc_temp/15_12.pdf (accessed: 21.09.2025).
12. Gutko Yu.I., Voitenko V.V. Study of the physical and technical characteristics of liquid glass casting cores with the addition of crushed seashell, surfactants, and recycled core sand // Resource-saving technologies for the production and pressure processing of materials in mechanical engineering: Collection of scientific papers. – 2021. – No. 4 (37). – pp. 35–51.
13. Gutko Yu.I., Voitenko V.V. Thermal conductivity and heat capacity of sand casting cores on an organic binder — epoxy resin — with the addition of recycled core mixture // Priority Directions of Scientific Research. Analysis, Governance, Prospects: Collection of Articles Following the Results of the International Scientific and Practical Conference (Kaluga,

February 21, 2023) / Sterlitamak: AMI, 2023. pp. 58–61. URL: <https://ami.im/sbornik/MNPK-462-IN.pdf> (accessed: 19.09.2025).

14. Gutko Yu.I., Voitenko V.V. Experimental studies of the effect of finely dispersed metal powders on the physical and technical characteristics of sand-liquid glass casting cores //

Casting and Metallurgy. Minsk: BNTU. – 2024. – No. 1. – P. 20–25. URL: <https://lim.bntu.by/jour/article/view/3651/3545> (accessed: 19.09.2025).

Статья поступила в редакцию 22.09.2025

Информация об авторах

Гутько Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.
E-mail: lguni.lit@yandex.ru

Войтенко Валерий Владимирович, ассистент Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0267-5068>
E-mail: valery.voytenko@outlook.com

Медведчук Сергей Адамович, старший преподаватель Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.
E-mail: lguni.lit@yandex.ru

Information about the authors

Gutko Yury Ivanovich, Doctor of Technical Science, Professor of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.
E-mail: lguni.lit@yandex.ru

Voytenko Valery Vladimirovich, Assistant of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0267-5068>
E-mail: valery.voytenko@outlook.com

Medvedchuk Sergey Adamovich, Senior Lecturer of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.
E-mail: lguni.lit@yandex.ru

Для цитирования:

Гутько Ю.И., Войтенко В.В., Медведчук С.А. Контроль набора прочности оболочечным целлюлозно-жидкостекольным литейным стержнем в процессе его изготовления на стержневом участке литейного цеха // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. Серия Технические науки. – 2025. – № 3(4). – С. 5-16.

For citation:

Gutko Yu.I., Voytenko V.V., Medvedchuk S.A. Monitoring the strength gain of a cellulose-water glass casting core during its manufacturing process in the core section of a foundry shop // Vestnik of Lugansk State University named after Vladimir Dahl. Series Technical Sciences. – 2025. – № 3 (4). – P. 5-16.

УДК 621.744.04

**БЕЗОПОЧНАЯ ФОРМОВКА, КАК УНИВЕРСАЛЬНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК****Феклин Н. Д., Свинороев Ю. А., Гутько Ю. И.****SAFETY MOLDING AS A UNIVERSAL CASTING PRODUCTION****Feklin N. D., Svinoroev Yu. A., Gutko Yu. I.**

Аннотация. Внедрение универсальной технологии безопасного изготовления форм на предприятиях машиностроения, особенно для обеспечения собственного производства необходимыми заготовками и комплектующими, позволит существенно снизить затраты основного производства, сократить время на выполнение работ и сделать само литейное производство прибыльным.

Установили, что сравнительно небольшие затраты на организацию такого производства, простота обслуживания такого оборудования, высокое качество получаемой продукции и возможность производства широкой номенклатуры деталей дадут возможность большой группе предпринимателей открыть свой высокорентабельный бизнес. Создание мини литейных участков, художественных мастерских, лабораторий и т.п., направленных на производство разноплановой литейной продукции, нацеленной на обеспечение работы малого и среднего бизнеса, является одним из самых быстрореализуемых, перспективных и востребованных направлений реализации собственного производства.

Ключевые слова: отливка, литейное производство, формовка, безопасная формовка, вакуумно-пленочная формовка, опока, модельная оснастка, литейная форма, эффективность технологии.

Abstract. The introduction of universal technology for the safe manufacture of molds at machine-building enterprises, especially to provide their own production with the necessary blanks and components, will significantly reduce the cost of basic production, reduce the time required to complete work and make the foundry itself profitable.

It has been established that the relatively low cost of organizing such production, the ease of maintenance of such equipment, the high quality of the products produced and the ability to produce a wide range of parts will provide an opportunity for a large group of entrepreneurs to open their own highly profitable business. The creation of mini foundries, art workshops, laboratories, etc., aimed at the production of diverse foundry products aimed at ensuring the operation of small and medium-sized businesses, is one of the fastest-growing, promising and in-demand areas for the implementation of own production.

Key words: casting, foundry, molding, non-stick molding, vacuum film molding, flask, model tooling, casting mold, technology efficiency.

Введение. Основой изготовления современных машин и оборудования, обеспечивающей различные отрасли промышленности, является литейное производство. Объёмы выпуска литых изделий напрямую зависят от объёмов производства машиностроительной продукции. Доля литых деталей в такой продукции может составлять до 80 % их массы и до 25 % их стоимости [1, 2, 3].

В основной группе машиностроительных предприятий литейные цеха производят отливки, как правило, для собственных нужд производства. При этом такие литейные комплексы в большей своей массе являются убыточными и существуют только на «дотациях» конечной продукции. На рынок же всеми литейными предприятиями России производится примерно 18 % литых изделий при том, что в России действует более 50 тысяч машиностроительных предприятий, в разной мере использующих литейную продукцию [3, 4].

Поверхностная, предвзятая и не всегда компетентная оценка результатов работы литейных производств с использованием отечественных материалов и оборудования обладающего технологической и кинематической гибкостью, высокой приспособленностью к отечественным условиям эксплуатации и имеющемуся рабочему и инженерно-техническому персоналу, без углублённого анализа причин существующих проблем определила их неконкурентоспособность в сравнении с импортным оборудованием [3, 5, 6].

По статистике, около 80 % всего литейного оборудования закупается за рубежом [3, 6, 7].

Предполагалось, что внедрение зарубежных комплексов литейного оборудования, даст возможность существенно повысить качество отливок, сократить штат обслуживающего персонала, снизить трудоёмкость производства при более высокой производительности. При этом не были учтены: их технологическая и кинематическая жёсткость, высокая чувствительность к случайным помехам и разнообразным отклонениям (ненадёжность оборудования), низкая приспособленность к российским условиям эксплуатации, материалам и отечественному обслуживающему персоналу при высокой стоимости оборудования и его запасных частей, а также экологические факторы и обеспечение санитарно-гигиенических условий труда [8, 9, 10].

На практике в существующих условиях работы наших предприятий такие приобретения показали свою экономическую и технологическую несостоятельность [11, 12].

Судя по многочисленным публикациям, начинает приходить понимание необходимости поддержки отечественных направлений развития отрасли, ведь не всегда целесообразно заменять рабочих на дорогостоящих роботов и наших инженеров на автоматику.

Намеченный переход к новому технологическому укладу – «гибким литейным производствам» позволит создать производства нового типа, сочетающие особенности автоматических литейных линий (малолюдность, производительность, качество отливок) и механизированных линий (гибкость, помехоустойчивость, высокая системная надёжность).

В статье [11] описана новая технология производства литейных форм (*гибкое производство*), предназначенная для массового выпуска любых серий отливок вплоть до единичных без переналадок производства и практически без участия рабочих при высоком качестве литья с учётом нашего производственного менталитета. К сожалению, говорить и писать о необходимости развития литейной отрасли на базе отечественных разработок на всех уровнях это одно, а заниматься этим, оказывать реальную помощь – почему-то у нашего технического и управленческого «бомонда» не получается и большинство таких новаций остаётся, увы, невостребованными.

Способ вакуумно-плёночной формовки (ВПФ), в производстве форм имеющий ограничение по использованию только одного типоразмера дорогостоящих опок, при всей своей привлекательности оказался неконкурентоспособным по сравнению с более затратной технологией ХТС, позволяющей производить отливки разных габаритов в простых опоках в условиях, приближенных к нашим отечественным реалиям производства [13, 14].

Цель работы состоит в предоставлении технологии изготовления литейных форм, относящейся к типу гибких, универсальных производств, ориентированной на изготовление разных по габаритам вакуумируемых форм (ВПФ) на одном и том же оборудовании.

Ход выполнения работы. Главной особенностью технологии, относящейся к типу гибких, универсальных производств, ориентированной на изготовление разных по габаритам вакуумируемых форм, является отсутствие опок, где размеры модельной оснастки определяют размеры литейных формы.

В отличие от существующих высокопроизводительных линий безопочной формовки, ориентированных на массовое производство мелких отливок в формах определённого размера, предлагаемая технология позволяет организовать процесс получения отливок разных размеров в разных по габаритам формах, используя одно и то же универсальное оборудование [1, 15].

Высокая стоимость опок для вакуумно-плёночной формовки, составляющая порой до 50 % от стоимости всего формовочного комплекса, является одним из ограничительных «барьеров» её использования, особенно для небольших производств, работающих с широкой номенклатурой отливок. Как правило, номенклатура производимых отливок такими литейными производствами большая и «разношёрстная» и требует: существенного парка опок разных размеров, сложного формовочного оборудования, затрат времени на переустановку модельных комплектов, наличия нестандартных съёмных деталей литниковой системы (отличных для каждой из форм), что, как правило, и является основными причинами высокой трудоёмкости такого производства. При этом затраты на возможную модернизацию, тем более автоматизацию такого универсального, малопроизводительного оборудования приводят к нерентабельности всего производства.

Опишем процесс производства литейных форм на одном из возможных вариантов технологического оборудования для безопочной формовки с использованием технологии ВПФ (рис. 1).

Производство литейных форм разных размеров без дорогостоящих опок с использованием сухого песка,

синтетической плёнки и вакуума на одном и том же технологическом оборудовании, сочетающим основные преимущества ХТС и ВПФ, является главным достоинством.

Сравнительные преимущества безопасного изготовления вакуумируемых форм:

- Большой размерный диапазон возможностей по выпуску качественной литейной продукции.

- Низкая стоимость оборудования и оснастки.

- Простота конструкции оборудования и его обслуживания.

- Низкая энергозатратность производства.

- Низкая себестоимость получаемых отливок.

- Высокое качество отливок (как при ВПФ).

Комплекс оборудования для безопасной вакуумно-плёночной формовки (рис. 1) состоит из:

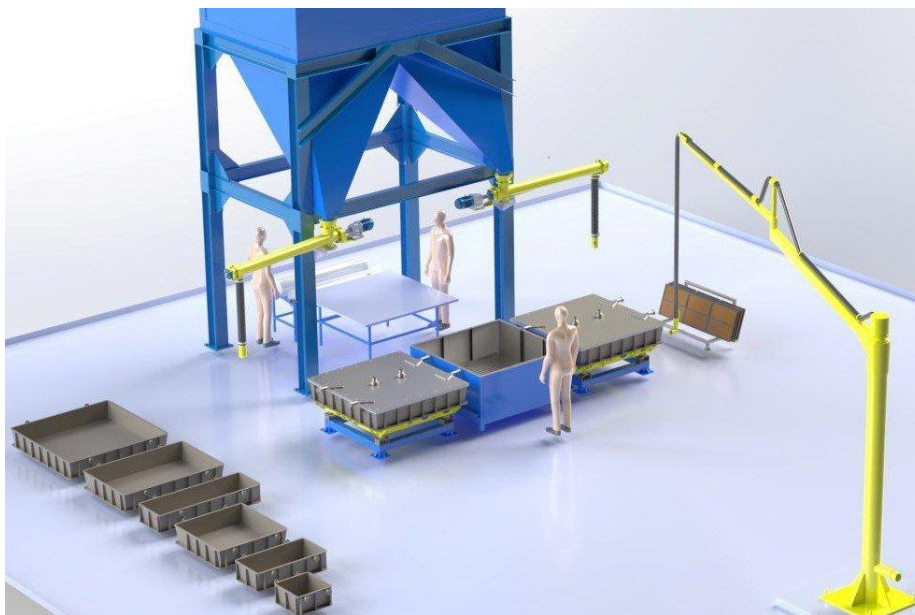


Рис. 1. Комплекс технологического оборудования для безопасной формовки

Напольный секционный нагреватель плёнки (рис. 2). Аналогичен нагревателям, используемым в технологии ВПФ. Отличительной особенностью секционного нагревателя является использование съёмных теплоизоляционных перегородок (рис. 3), разделяющих нагреватель на секции, что позволяет производить нагрев плёнок разных размеров для облицовки разноплановых моделей. Включение нагрева каждой из секций производится отдельно, что позволяет при снятии (установке) необходимой части

перегородок создавать нужные зоны (площади) нагрева.

Вибростол (рис. 4). Предназначен для установки и крепления модельных ящиков разных размеров. Площадь поверхности вибростола равна размеру нагревателя и позволяет производить загрузку и виброуплотнение песка в разных по габаритам ящиках; от самых малых, равных одной секции нагревателя, до максимальных, равных размеру стола.

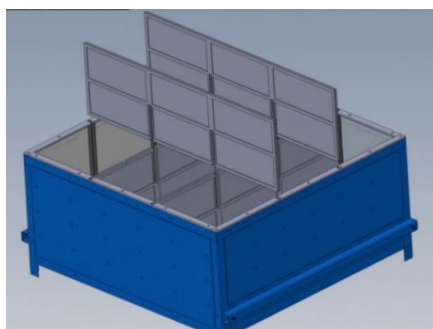


Рис. 2. Напольный секционный нагреватель плёнки со съёмными теплоизоляционными перегородками

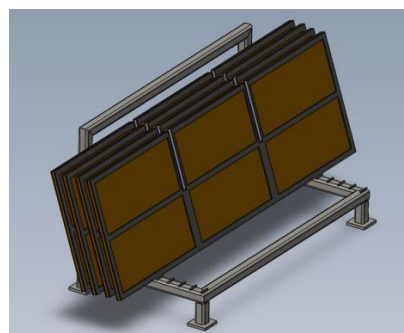


Рис. 3. Съёмные теплоизоляционные перегородки

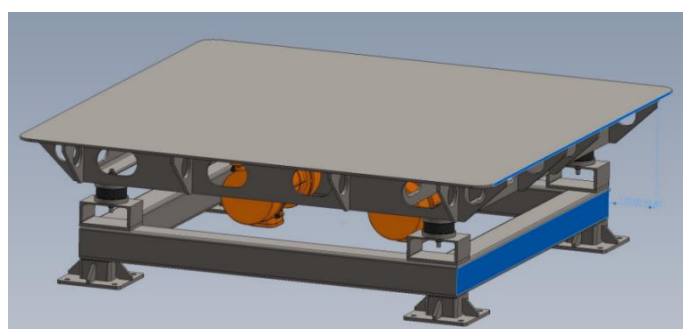


Рис. 4. Вибростол

Модельные ящики предназначены для изготовления безопочных форм разных типоразмеров (рис. 5). Представляют из себя пустотелый ящик определённого размера с установленной внутри съёмной модельной, перфорированной плитой (рис. 6). В ящике под модельной плитой при облицовке модельной плиты синтетической плёнкой создаётся разряжение. Размеры применяемых модельных ящиков соответствуют размерам секций нагревателя, от одной

секции до полного размера нагревателя. Высота ящиков не регламентируется и рассчитывается индивидуально для каждой модели. Предусмотрена возможность быстрой замены модельных плит в модельных ящиках.

Бункер накопительный (рис. 7). Предназначен для накопления и подачи песка при изготовлении безопочных форм разных размеров. Оборудован механизмами транспортировки и подачи песка в полость модельных ящиков.

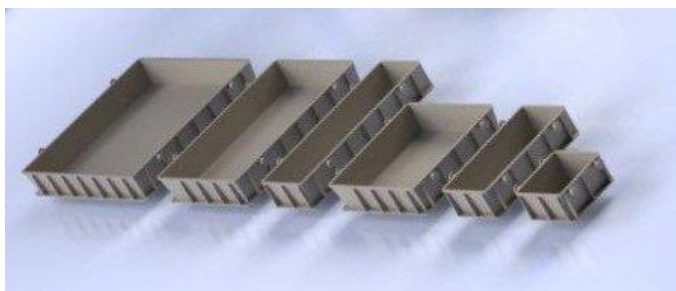


Рис. 5. Модельные ящики



Рис. 6. Модельный ящик с перфорированной модельной плитой

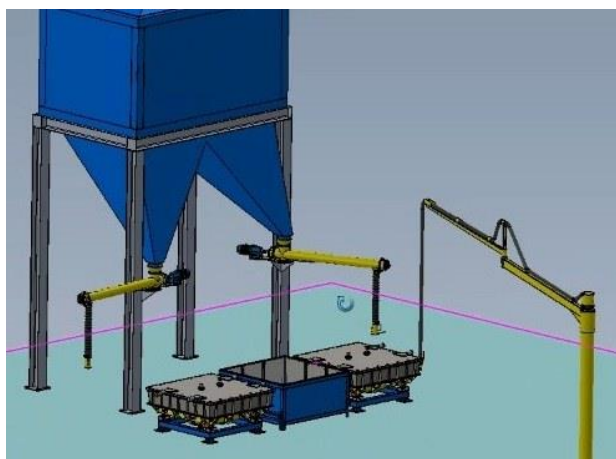


Рис. 7. Бункер накопительный с механизмами транспортировки и подачи песка в модельные ящики

Вакуумный каркас (плита) формы. Является жёсткой основой безопочной литейной формы. Предназначен для создания и поддержания равномерного вакуума в форме, а также для выполнения операций по транспортировке, кантовке и сборке форм. Конструктивно может быть

выполнен либо в виде жёсткого перфорированного каркаса (рис. 8), либо в виде плоской вакуумируемой плиты (рис. 10), образующей одну из стенок литейной полуформы (рис. 11).

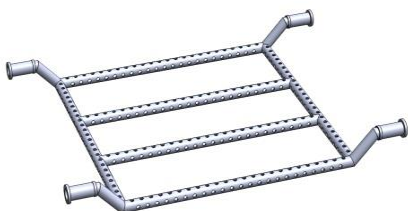


Рис. 8. Перфорированный каркас

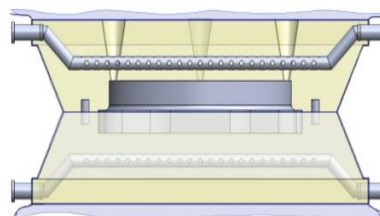


Рис. 9. Безопочная форма с перфорированными каркасами

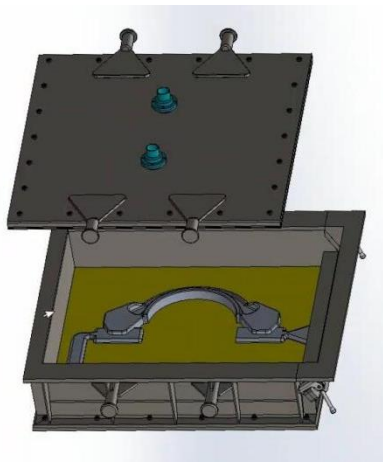


Рис. 10. Вакуумируемая плита с модельным ящиком

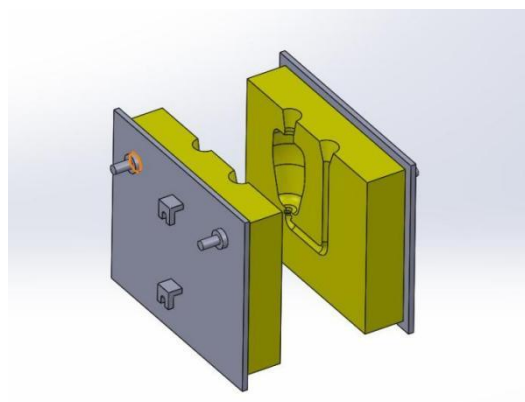


Рис. 11. Безопочные полуформы с вакуумируемыми плитами

При соединении двух полуформ одной модели выходит безопасная литейная форма (рис. 12). Отличительными особенностями такой формы являются; базирование полуформ элементами (штырь-втулка), расположенными и закреплёнными на рабочей плоскости полуформ (на эскизах не показано), а также наличие механизма сжатия полуформ между собой по вакуумируемым плитам.

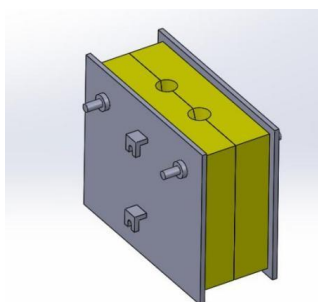


Рис. 12. Безопасная литейная форма

Рассмотрим принцип изготовления безопасных литейных форм. Модельный ящик нужного размера с модельной плитой устанавливают на край вибростола возле нагревателя. Подсоединяют ящик к вакуумной системе. Снимают (устанавливают) съёмные теплоизоляционные перегородки для образования секции нужного размера (размер модельного ящика). На вакуумную рамку определённого размера накладывают мерный кусок синтетической плёнки, греют на нагревателе до температуры её размягчения, переносят на модельный ящик, открывают вентиль вакуумной системы и облицовывают его внутреннюю полость. Осуществляют покраску части синтетической плёнки, расположенной на модели, антипригарным составом и сушат естественным или принудительным способом. По завершении сушки на модельный ящик укладывают загрузочную плиту соответствующего размера, подводят

загрузочный патрубок механизма подачи песка и производят его загрузку в модельный ящик. Виброуплотнение песка в ящике в совокупности с конструкцией установленной загрузочной плиты позволяют получить ровную поверхность полуформы без необходимости разравнивания песка вручную. В последующем, производят замену загрузочной плиты на вакуумируемую плиту, подсоединяют её к вакуумной системе, отключают вакуум из-под модельного ящика и достают из его полости готовую полуформу. После изготовления второй части литейной формы производят общую сборку.

При изготовлении безопасной формы с горизонтальным разъёмом перед загрузкой песка устанавливают вакуумируемый каркас, предназначенный для создания вакуума в форме и для её транспортировки, все остальные операции аналогично вертикальному разъёму форм.

При описании последовательности изготовления форм не отражены операции по установке стержней, съёмных частей литниковой системы (для горизонтального разъёма) и механизма скрепления полуформ. Для изготовления разовых нестандартных форм вместо перфорированного каркаса и вакуумируемых плит может использоваться произвольный неперфорированный каркас с подводом вакуума в форму в виде гибких гофрированных трубок (рис. 13).

Основные результаты исследования. Установили основные преимущества безопасного изготовления вакуумируемых форм, которые состоят в том что: возможен большой размерный диапазон возможностей по выпуску качественной литейной продукции; технология обеспечивает низкую стоимость

оборудования и оснастки; простота конструкции оборудования и его обслуживания; низкая энергозатратность производства; низкая себестоимость получаемых отливок; при этом обеспечивается высокое качество отливок (как при ВПФ).



Рис. 13. Нестандартная безопочная полуформа с использованием гибких перфорированных трубок

Выводы. Внедрение универсальной технологии безопочного изготовления форм на предприятиях машиностроения, особенно для обеспечения собственного производства необходимыми заготовками и комплектующими, позволит существенно снизить затраты основного производства, сократить время на выполнение работ и сделать само литейное производство прибыльным.

Кроме этого, сравнительно небольшие затраты на организацию такого производства, простота обслуживания такого оборудования, высокое качество получаемой продукции и возможность производства широкой номенклатуры деталей дадут возможность для большой группы предпринимателей открыть свой высокорентабельный бизнес. Создание

мини литейных участков, художественных мастерских, лабораторий и т.п., направленных на производство разноплановой литейной продукции, нацеленной на обеспечение работы малого и среднего бизнеса, является одним из самых быстрореализуемых, перспективных и востребованных направлений реализации собственного производства.

Список источников

1. Технология литейного производства: учеб. пособие для практических занятий / А.И. Батышев, В.Д. Белов, К.А. Батышев, С.А. Сироткин, Л.Д. Смелянец, Ю.А. Свиногоев, В.Д. Рябичев, Ю.И. Гутько. – Москва, Луганск: изд-во «Перо» / Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2022. – 266 с.
2. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: учебное пособие / К.А. Батышев, А.И. Батышев, Ю.А. Свиногоев, В.Д. Рябичев, Ю.И. Гутько / Под. ред, К.А. Батышева. – Москва, Луганск: Изд-во «Перо» / Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2022. – 220 с.
3. Дибров И. А. Состояние и перспективы развития литейного производства России = State and prospects development of foundry production in Russia / И. А. Дибров // Литейное производство и металлургия 2021. Беларусь [Электронный ресурс] : 29-я Международная научно-техническая конференция и информационная выставка : труды участников конференции / Белорусский национальный технический университет; под общ. ред. Е. И. Маруковича; ред. С. В. Машканова [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 6-11.
4. Бех Н., Волкомич А. Инновационное возрождение и развитие отечественного литейного машиностроения и литейных производств // Станкоинструмент. Оборудование и технологии литья. – 2015. – №1. – С. 46-51.
5. Батышев К.А. Современные технологии производства отливок из цветных сплавов: Монография / К.А. Батышев, К.Г. Семенов,

Ю.А. Свинороев. – Москва: Первый том, – 2021. – 76 с.

6. Евсеев В.Н., Ищенко А.А. О состоянии и перспективах литейного производства в России и г. Санкт-Петербурге // *Литьё и металлургия*. – 2008. – № 3.

7. Дибров И.А. Состояние и перспективы литейного производства России // Информационный ресурс по литейному производству «OTLIVKA» Литейные заводы России. – 2017.

8. Основы материаловедения и технология материалов: учебное пособие/ Батышев К.А., Батышев А.И., Безпалько В.И., Семенов К.Г., Свинороев Ю.А., Рябичев В.Д., Гутько Ю.А. – Москва, Луганск: изд-во «Перо» / Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2021. – 374 с.

9. Митрохина А.С., Макарова А.Е. Вредные факторы литейного производства // *Современные наукоемкие технологии*, №5. – 2014. – С. 103.

10. Лазаренков М.А. Исследование воздушной среды рабочих зон литейных цехов при современных технологиях изготовления стержней и форм / А.М. Лазаренков, М.А. Садоха / *Литейное производство и металлургия*. – Минск –№3. – 2022. – С 122-126.

11. Феклин Н.Д., Медведчук С.А. Кассетный способ производства форм. Способ решения кадрового вопроса в литейном производстве // *Вестник Арматуростроителя*. – №6 (87).

12. Буданов Е. Н. Семь основных мифов и заблуждений относительно литейного производства / Е. Н. Буданов // *Литейное производство*. – 2009. – № 9. – С. 2-10.

13. Вальтер А.И., Рябова Н.А. Альфа-сет процесс и CO₂-процесс. Экспериментальные исследования, свойства смесей // *Современные материалы, техника и технологии*. – 2022 – №3(42). – С. 10-14.

14. Информационный ресурс «Hüttenes-Albertus», Германия: <http://www.huettenes-albertus.ru>

15. Феклин Н.Д., Свинороев Ю.А., Гутько Ю.И., Батышев К.А. Перспективы

внедрения и использования «Способа формовки по спаренным моделям» для выпуска ответственных корпусных отливок // *Литейное производство*. – 2022. – №8. – С. 59-62.

References

1. Foundry technology: a textbook for practical classes / A.I. Batyshev, V.D. Belov, K.A. Batyshev, S.A. Sirotkin, L.D. Smelyanets, Yu.A. Svinoroev, V.D. Ryabichev, Yu.I. Gutko. - Moscow, Lugansk: Pero Publishing House / Publishing House of Leningrad State University named after V. Dal, 2022. - 266 p.

2. Design and production of blanks in mechanical engineering: a textbook / K.A. Batyshev, A.I. Batyshev, Yu.A. Svinoroev, V.D. Ryabichev, Yu.I. Gutko / Ed., K.A. Batyshev. - Moscow, Lugansk: Pero Publishing House / Publishing House of Leningrad State University named after V. Dal, 2022. – 220 p.

3. Dibrov I. A. State and prospects for development of foundry production in Russia / I. A. Dibrov // *Foundry production and metallurgy 2021. Belarus [Electronic resource]: 29th International Scientific and Technical Conference and Information Exhibition: proceedings of the conference participants / Belarusian National Technical University; under the general editorship of E. I. Marukovich; ed.: S. V. Mashkanov [et al.]. – Minsk: BNTU, 2021. – P. 6-11.*

4. Bekh N., Volkovich A. Innovative revival and development of domestic foundry engineering and foundry industries // *Stankoinstrument. Casting equipment and technologies*. – 2015. – No. 1. – P. 46-51.

5. Batyshev K.A. Modern technologies for the production of castings from non-ferrous alloys: Monograph / K.A. Batyshev, K.G. Semenov, Yu.A. Svinoroev. – Moscow: First volume, – 2021. – 76 p.

6. Evseev V.N., Ishchenko A.A. On the state and prospects of foundry production in Russia and St. Petersburg // *Casting and metallurgy*. – 2008. – No. 3.

7. Dibrov I.A. State and prospects of foundry production in Russia // *Information resource on*

foundry production "OTLIVKA" Foundries of Russia. – 2017.

8. Fundamentals of Materials Science and Materials Technology: a tutorial / Batyshev K.A., Batyshev A.I., Bezpalko V.I., Semenov K.G., Svinoroev Yu.A., Ryabichev V.D., Gutko Yu.A. – Moscow, Lugansk: Pero Publishing House / Publishing House of Leningrad State University named after V.Dal, 2021. – 374 p.

9. Mitrokhina A.S., Makarova A.E. Harmful Factors of Foundry Production // Modern Science-Intensive Technologies, No. 5. – 2014. – P. 103.

10. Lazarenkov M.A. Study of the Air Environment of Working Areas of Foundries Using Modern Core and Mold Manufacturing Technologies / A.M. Lazarenkov, M.A. Sadokha / Foundry and Metallurgy. - Minsk - No. 3. - 2022. - P. 122-126.

11. Feklin N.D., Medvedchuk S.A. Cassette Method of Mold Production. A Method for Resolving the Personnel Issue in Foundry

Production // Bulletin of Valve Engineer. - No. 6 (87).

12. Budanov E. N. Seven Main Myths and Misconceptions Regarding Foundry Production / E. N. Budanov // Foundry Production. - 2009. - No. 9. - P. 2-10.

13. Walter A.I., Ryabova N.A. Alpha-set Process and CO2 Process. Experimental Studies, Properties of Mixtures // Modern Materials, Engineering and Technology. - 2022 - No. 3 (42). - P. 10-14.

14. Information resource "Hüttenes-Albertus", Germany: <http://www.huettenes-albertus.ru>

15. Feklin N.D., Svinoroev Yu.A., Gutko Yu.I., Batyshev K.A. Prospects for the implementation and use of the "Molding method using paired patterns" for the production of critical case castings // Foundry production. - 2022. - No. 8. - P. 59-62.

Статья поступила в редакцию 11.07.2025

Информация об авторах

Феклин Николай Дмитриевич, ведущий инженер кафедры «Цифровые технологии машины в литейном производстве» Луганского государственного университета имени Владимира Даля», г. Луганск.

Свинороев Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Цифровые технологии машины в литейном производстве Луганского государственного университета имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: desna.us@yandex.ru

Гутько Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, первый проректор Луганского государственного университета имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: lguni.lit@yandex.ru

Information about the authors

Feklin Nikolay Dmitrievich, Senior engineer of the Department "Digital Machine Technologies in Foundry Production" of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.

Svinoroev Yuri Alekseevich, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Digital Machine Technologies in Foundry Production of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.
E-mail: desna.us@yandex.ru

Gutko Yury Ivanovich, doctor of Technical Sciences, professor of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.
E-mail: lguni.lit@yandex.ru

Для цитирования:

Феклин Н. Д., Свинороев Ю. А., Гутько Ю. И. Безопочная формовка, как универсальное производство отливок // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. Серия Технические науки. – 2025. – № 3(4). – С. 17-27.

For citation:

Feklin N. D., Svinoroev Yu. A., Gutko Yu. I. Safety molding as a universal casting production // Vestnik of Lugansk State University named after Vladimir Dahl. Series Technical Sciences. – 2025. – № 3 (4). – P. 17-27.

ТРАНСПОРТНЫЕ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СТРАНЫ, ЕЕ РЕГИОНОВ И ГОРОДОВ, ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 629.3

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЯГОВЫХ КАЧЕСТВ АВТОПОЕЗДОВ

Андреев А. А., Петров А. Г.

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE: IMPROVING THE TRACTION PERFORMANCE OF ROAD TRAINS

Andreev A. A., Petrov A. G.

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме повышения эффективности и экологичности грузовых автомобильных перевозок. В условиях ужесточения экологических норм и роста требований к топливной экономичности особый интерес представляют решения, позволяющие модернизировать существующий парк транспортных средств. В работе предложена концепция гибридного автопоезда, созданного на базе стандартного седельного тягача с полуприцепом путем оснащения последнего дополнительной ведущей электроведущей осью с функцией рекуперативного торможения. Уточнены и систематизированы такие ключевые понятия, как «тягово-цепные свойства», «рекуперация энергии», «гибридный силовой агрегат». На основе анализа тягового баланса представлена математическая модель, демонстрирующая значительное улучшение проходимости модернизированного автопоезда в сложных дорожных условиях (коэффициент сцепления $\phi = 0,25$) – предельно преодолеваемый подъем увеличивается более чем в два раза. Показаны дополнительные преимущества решения, такие как снижение вредных выбросов в городской черте за счет работы в режиме электромобиля и возможность использования бортовой аккумуляторной батареи в качестве автономного источника энергии для нужд транспортной инфраструктуры. Проведенные расчеты и анализ подтверждают значительный ресурсосберегающий потенциал предлагаемой технологии, выражающийся в снижении расхода топлива, увеличении межсервисных пробегов и повышении надежности доставки грузов.

Ключевые слова: «зеленая» логистика, гибридный автопоезд, рекуперативное торможение, тягово-цепные свойства, коэффициент сцепления, ресурсосбережение, экология транспорта.

Abstract. This article addresses the pressing issue of improving the efficiency and environmental friendliness of road freight transportation. In the context of increasingly stringent environmental regulations and increasing demands on fuel efficiency, solutions that allow for the modernization of the existing fleet are of particular interest. This paper proposes the concept of a hybrid road train based on a

standard tractor-trailer combination by equipping the latter with an additional electric drive axle with regenerative braking. Key concepts such as "traction properties," "energy recovery," and "hybrid powertrain" are clarified and systematized. Based on a traction balance analysis, a mathematical model is presented demonstrating a significant improvement in the off-road capability of the upgraded road train in challenging road conditions (adhesion coefficient $\varphi = 0.25$)—the maximum gradeability more than doubles. Additional advantages of the solution are highlighted, such as reduced emissions in urban areas due to operation in electric vehicle mode and the ability to use the onboard battery as an autonomous power source for transport infrastructure needs. The calculations and analysis confirm the significant resource-saving potential of the proposed technology, resulting in reduced fuel consumption, increased service intervals, and improved cargo delivery reliability.

Keywords: green logistics, hybrid road train, regenerative braking, traction properties, adhesion coefficient, resource conservation, transport ecology.

Введение. Развитие мировой экономики неразрывно связано с ростом объемов грузовых перевозок, что, в свою очередь, усугубляет экологические проблемы, особенно в крупных городских агломерациях. По данным Европейского агентства по окружающей среде, на транспортный сектор приходится значительная доля выбросов загрязняющих веществ, среди которых особую опасность представляют оксиды азота (NOx) [1]. Несмотря на растущую популярность электромобилей, полный переход грузового транспорта на электротягу в краткосрочной перспективе затруднен по экономическим и инфраструктурным причинам. В этой связи перспективным направлением является гибридизация существующих транспортных средств, позволяющая совместить преимущества традиционных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и электрических приводов.

Целью данного исследования является разработка и теоретическое обоснование ресурсосберегающей технологии повышения эффективности автопоездов за счет их гибридизации. Для достижения цели решались следующие задачи: анализ недостатков классических автопоездов в условиях ограниченного сцепления; разработка конструктивной схемы

гибридного автопоезда; построение математической модели для оценки улучшения тяговых характеристик; количественная оценка ресурсосберегающего эффекта [2].

Материалы и методы. Объектом исследования выступает седельный автопоезд в составе тягача и полуприцепа. Основной проблемой, ограничивающей его применение в сложных дорожных условиях (гололед, мокрое покрытие, затяжные подъемы), является недостаточное сцепление ведущих колес тягача с дорогой. При снижении коэффициента сцепления φ до 0,1 и ниже транспортное средство теряет способность к движению [3].

Для решения этой проблемы предлагается оснастить полуприцеп дополнительной тяговой колесной парой с индивидуальным электроприводом и бортовой аккумуляторной батареей (рис. 1). Управление электродвигателем осуществляется из кабины тягача. Данное техническое решение преобразует стандартный автопоезд в гибридное транспортное средство со следующими ключевыми режимами работы:

1. Совместная тяга. При преодолении подъемов или движении по гололёду электродвигатель полуприцепа

подключается, создавая дополнительное тяговое усилие.

2. Рекуперативное торможение. На спусках и при торможении электродвигатель переходит в режим генератора, заряжая аккумуляторную батарею и осуществляя электродинамическое торможение.

3. Автономный источник энергии: На стоянках аккумуляторная батарея может использоваться для питания внешних потребителей через инвертор.

Для оценки эффективности предложенной схемы был проведен анализ тягового баланса автопоезда при движении на подъем с углом α (рис. 2).

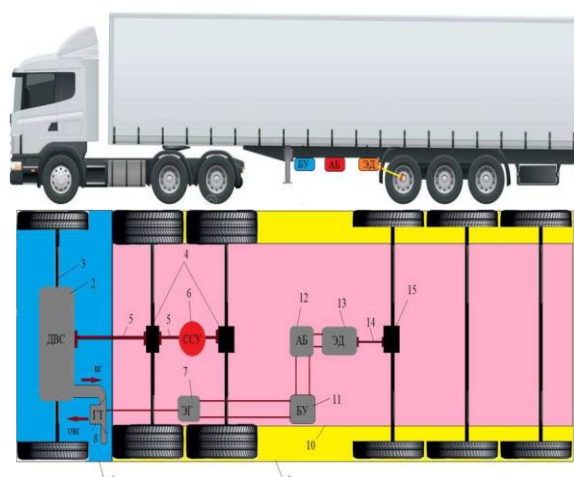


Рис. 1. Схема гибридного автопоезда:

1 — тягач; 2 — ДВС; 3 — седельно-сцепное устройство; 4 — рама полуприцепа; 5 — блок управления; 6 — аккумуляторная батарея; 7 — электродвигатель; 8 — тяговая колесная пара полуприцепа

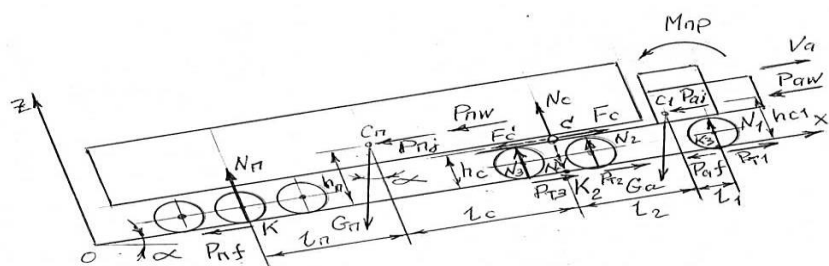


Рис. 2. Расчетная схема для анализа сил, действующих на автопоезд на подъеме:

G_a — вес тягача; G_p — вес полуприцепа; $P_{т1}$, $P_{т2}$ — силы тяги колес тягача; $P_{аф}$, $P_{пф}$ — силы сопротивления качению; F_c — сила в сцепном устройстве; $P_{пв}$ — сила сопротивления воздуха

Сила сопротивления движению автопоезда определяется по формуле:

$$P_{\Sigma} = f \cdot (G_a + G_p) \cdot \cos \alpha + (G_a + G_p) \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

где f — коэффициент сопротивления качению.

Для стандартного автопоезда сила тяги ограничена сцеплением ведущих колес тягача:

$$P_t \leq \varphi \cdot N_c, \quad (2)$$

где N_c — нормальная нагрузка на ведущие колеса тягача.

Для предлагаемого гибридного автопоезда с дополнительной ведущей осью на полуприцепе сила тяги увеличивается:

$$P_{т_гипр} \leq \varphi \cdot (N_c + N_p), \quad (3)$$

где N_p — нагрузка на ведущую ось полуприцепа.

Из условия равновесия сил при установившемся движении ($P_t = P_{\Sigma}$) были выведены формулы для определения предельного преодолеваемого подъема:

Для стандартного автопоезда:

$$\text{tg } \alpha_{\text{стандарт}} = (2/5 \cdot \varphi \cdot (G_{\text{п}} / (G_{\text{а}} + G_{\text{п}}))) - f. \quad (4)$$

Для гибридного автопоезда:

$$\text{tg } \alpha_{\text{гибрид}} = (3/5 \cdot \varphi \cdot (G_{\text{п}} / (G_{\text{а}} + G_{\text{п}}))) - f. \quad (5)$$

Результаты. На основе уравнений (4) и (5) был проведен сравнительный анализ для двух типов дорожных покрытий (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение предельных углов подъема для стандартного [4] и гибридного автопоезда [5]

Состояние дороги	Коэффициент сцепления, φ	Коэффициент качения, f	$\text{tg } \alpha$ стандарт	$\text{tg } \alpha$ гибрид	Увеличение, раз
Сухое асфальтовое	0,7	0,015	0,209	0,321	1,54
Влажное скользкое	0,25	0,05	0,030	0,070	2,33

Анализ данных показывает, что на скользкой дороге преимущество гибридной схемы наиболее существенно. Предельно преодолеваемый уклон увеличивается с 3% до 7%, что более чем в два раза повышает проходимость и надежность автопоезда в неблагоприятных условиях. Это позволяет минимизировать простои, связанные с сезонными ухудшениями дорожных условий [5].

На рис. 3 представлены графические зависимости предельного подъема от коэффициента сцепления для порожнего и груженого полуприцепа, наглядно демонстрирующие преимущество гибридной схемы во всем диапазоне изменений параметров.

Кроме улучшения проходимости, технология обеспечивает значительный ресурсосберегающий эффект:

1. Экономия топлива за счет рекуперации кинетической энергии при торможении.

2. Снижение износа тормозных колодок и шин тягача.

3. Экологический эффект за счет возможности работы на нулевых выбросах

в городских зонах при движении от аккумулятора.

4. Повышение энергетической автономности транспортного средства.

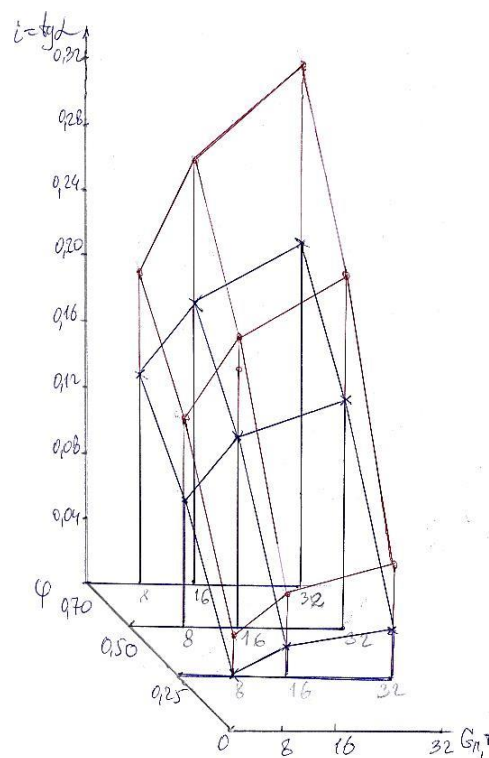


Рис. 3. Зависимость предельного подъема от коэффициента сцепления для стандартного (1) и гибридного (2) автопоезда: а) порожний полуприцеп; б) груженный полуприцеп

Выводы. Теоретически обоснована и разработана конструктивная схема гибридного автопоезда, позволяющая кардинально повысить его тягово-сцепные свойства в условиях ограниченного сцепления с дорогой.

На основе анализа тягового баланса установлено, что внедрение дополнительной ведущей оси на полуприцепе позволяет увеличить предельно преодолеваемый подъем в 1,5–2,3 раза в зависимости от состояния дорожного покрытия. Наибольший эффект (увеличение в 2,33 раза) достигается на скользких дорогах ($\varphi=0,25$).

Комплексный ресурсосберегающий потенциал предложенного решения включает не только прямое снижение расхода топлива и выбросов, но и опосредованную экономию за счет снижения износа тормозной системы и шин, а также повышения надежности и регулярности грузоперевозок.

Перспективы дальнейших исследований связаны с оптимизацией алгоритмов управления силовыми агрегатами тягача и полуприцепа, а также с технико-экономическим обоснованием модернизации существующего парка полуприцепов.

Список источников

1. European Environment Agency. Air quality in Europe – 2022 report. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. – 98 p.
2. Осинцев Н.А., Рахмангулов А.Н., Багинова В.В. Инновации в области зеленой

логистики // Мир транспорта. – 2018. – Т. 16, № 2. – С. 196-211.

3. Вахламов В.К. Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.К. Вахламов, М.Г. Шатров, А.А. Юрчевский. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 640 с.

4. Heywood, J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. – 2nd ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2018. – 1056 p.

5. Ehsani, M., Gao, Y., Longo, S., Ebrahimi, K. Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles. – 3rd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2018. – 572 p.

References

1. European Environment Agency. Air quality in Europe – 2022 report. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. – 98 p.

2. Osintsev N.A., Rakhmangulov, A.N., Baginova, V.V. Innovations in green logistics // World of Transport. – 2018. – Vol. 16, No. 2. – Pp. 196-211.

3. Vakhlamov V.K. Automobiles: Theory and design of a car and engine: a textbook for students of higher educational institutions / V.K. Vakhlamov, M.G. Shatrov, A.A. Yurchevsky. – 3rd ed., reprinted – Moscow: Publishing Center "Academy", 2013. – 640 p.

4. Heywood J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. – 2nd ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2018. – 1056 p.

5. Ehsani M., Gao, Y., Longo, S., Ebrahimi, K. Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles. – 3rd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2018. – 572 p.

Статья поступила в редакцию 20.07.2025

Информация об авторах

Андреев Александр Александрович, к.т.н., доц. кафедры транспортные технологии Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

Петров Александр Георгиевич, старший преподаватель кафедры транспортные технологии Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

E-mail: qjdj@mail.ru

Information about the authors

Andreev Alexander Alexandrovich, PhD, Associate Professor, Department of Transport Technologies of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.

E-mail: qjdj1@mail.ru

Petrov Alexander Georgievich, Senior Lecturer of the Department of Transport Technologies of Lugansk State University named after Vladimir Dal, Lugansk.

E-mail: qjdj@mail.ru

Для цитирования:

Андреев А. А., Петров А. Г. Ресурсосберегающие технологии в транспортно-технологической инфраструктуре: совершенствование тяговых качеств автопоездов // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. Серия Технические науки. – 2025. – № 3(4). – С. 28-33.

For citation:

Andreev A. A., Petrov A. G. Resource-saving technologies in transport infrastructure: improving the traction performance of road trains // Vestnik of Lugansk State University named after Vladimir Dahl. Series Technical Sciences. – 2025. – № 3 (4). – P. 28-33.

УДК 656.025

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ФИКСАЦИИ ГРУЗОВ В ПОЛУПРИЦЕПАХ-ФУРГОНАХ

Тарарычкин И. А., Ветерцовский В. Н.

RESEARCH OF PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF CARGO FIXATION SYSTEMS IN SEMI-TRAILERS, VANS

Tararychkin I. A., Vetertsovsky V. N.

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы существующих систем крепления грузов в полуприцепах-фургонах, выявлены их ключевые недостатки, приводящие к значительным экономическим потерям из-за повреждения перевозимых товаров. Проанализированы основные типы креплений (ремни, распорки, комбинированные системы) и их ограничения в условиях динамических нагрузок при движении транспортного средства. Предложены направления совершенствования систем фиксации, включая применение пневматических элементов, обеспечивающих повышенную сохранность и снижение экономического ущерба.

Ключевые слова: системы фиксации грузов, сохранность грузов, экономический ущерб, полуприцепы-фургоны, инновационные решения, транспортная логистика.

Abstract. The article examines the problems of existing cargo securing systems in semi-trailer vans, identifies their key drawbacks, leading to significant economic losses due to damage to transported goods. The main types of fasteners (belts, spacers, combined systems) and their limitations under dynamic loads during vehicle movement are analyzed. Directions for improving fixation systems are proposed, including the use of pneumatic elements that ensure increased safety and reduce economic damage.

Key words: cargo locking systems, cargo safety, economic damage, semi-trailers, vans, innovative solutions, transport logistics.

Введение. Грузовой автомобильный транспорт занимает устойчивую и приоритетную позицию в экономике Российской Федерации. На долю данного вида транспорта приходится 55 % от общего объема коммерческих грузоперевозок страны [1]. В связи с этим современная транспортная логистика сталкивается с серьезной проблемой обеспечения сохранности грузов при автомобильных перевозках. Несмотря на широкий спектр существующих технических решений, уровень

повреждения товаров продолжает оставаться недопустимо высоким. Согласно данным отраслевых исследований, до 20% всех грузов, перевозимых в полуприцепах-фургонах, в той или иной степени подвергаются смещениям или повреждениям из-за недостаточной эффективности систем фиксации, что приводит к порче товаров и финансовым убыткам. По данным всероссийской страховой компании (ВСК) в период с января по май 2023 года более 90% страховых случаев в логистической отрасли

пришлось на утрату и повреждение грузов при их доставке [2]. Из них 17% произошли при погрузочно-разгрузочных работах. Актуальность статьи обусловлена необходимостью разработки более эффективных подходов к обеспечению сохранности грузов, что соответствует стратегическим задачам развития транспортной стратегии РФ на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [3].

Современная практика обеспечения сохранности грузов в полуприцепах-фургонах основывается на трех основных типах систем фиксации, каждый из которых обладает характерными недостатками, приводящими к значительным экономическим потерям. Наиболее распространенными являются механические прижимные системы, использующие стяжные ремни, изображенные на рис. 1. Основная

проблема этих систем заключается в принципиальной невозможности поддержания постоянного усилия натяжения в течение всего периода перевозки. Многочисленные исследования демонстрируют, что вибрационные нагрузки, неизбежно возникающие при движении транспортного средства, приводят к постепенному ослаблению натяжения ремней [4]. Используемые методы удержания должны позволять выдерживать различные климатические условия, которые могут возникнуть в ходе рейса [5]. Температурные колебания и изменения влажности дополнительно усугубляют эту проблему, вызывая изменение физических свойств материалов. В результате эффективность фиксации снижается на 40 – 60% уже в течение первых нескольких часов транспортировки, что создает серьезный риск смещения груза при длительных перевозках.

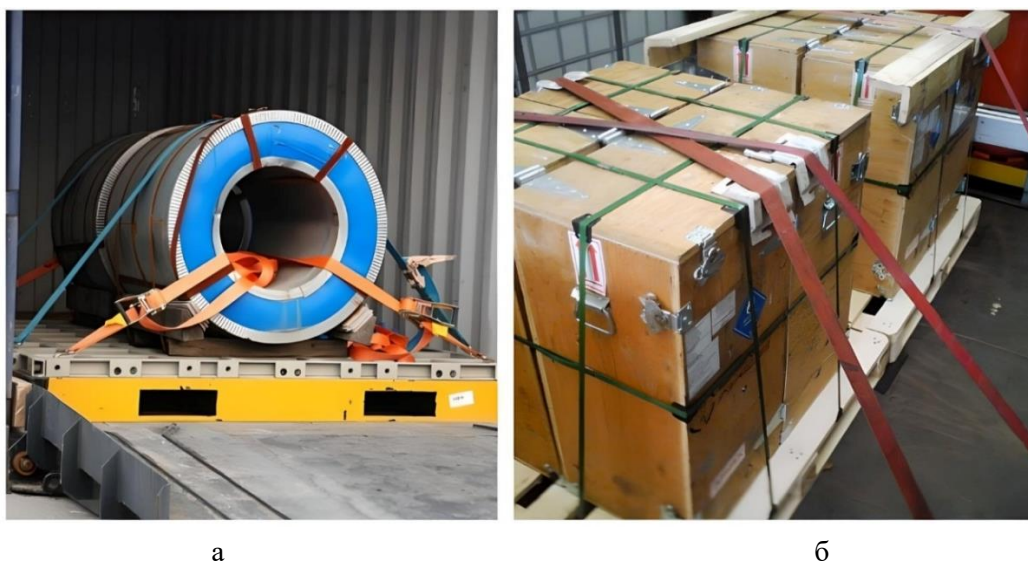


Рис. 1. Фиксация грузов с использованием стяжных ремней на примере:
а) стали в рулонах; б) деревянных ящиков на поддоне

На рис. 2 изображены блокировочные и распорные системы, использующие деревянные и металлические элементы. Фиксация распорными планками позволяет

обеспечить неподвижность груза во время транспортировки [6]. Такой вид фиксации груза сталкивается с другой проблемой – отсутствием адаптивности. Жесткость

конструкции, изначально являющаяся преимуществом, становится серьезным недостатком в условиях реальных дорожных нагрузок. При движении по некачественному дорожному покрытию или выполнении резких маневров возникают динамические нагрузки, которые не могут быть эффективно поглощены жесткой системой. Это приводит к концентрации напряжений в отдельных точках конструкции, что может вызывать как повреждение самого груза, так и элементов крепления. Особенно критична эта проблема при перевозке грузов сложной геометрии или с неравномерным распределением массы.



Рис. 2. Крепление грузов с использованием распорной фиксации

Комбинированные системы, изображенные на рис. 3, теоретически предлагают лучшее решение через сочетание различных методов фиксации, но на практике сталкиваются с проблемами реализации. Существенное усложнение процесса крепления требует привлечения высококвалифицированного персонала и увеличивает время погрузочно-разгрузочных работ на 30 – 40%. Выбирая способ крепления груза нужно прежде всего оценить эффективность его применения в конкретном случае.

Возможно, что для наиболее надежного крепежа необходимо использовать не один способ крепления груза, а совокупность различных способов [7]. В условиях современной логистики, где временные показатели являются критически важными, это приводит к тому, что персонал часто пренебрегает частью необходимых процедур крепления. Кроме того, сложность расчета оптимальной конфигурации комбинированной системы повышает вероятность ошибок, которые могут нивелировать все преимущества такого подхода.



Рис. 3. Фиксация грузов с использованием распорочных планок, пневмооблочки и стреппинг-ленты

В течение одной перевозки груз может подвергаться воздействию различных температурно-влажностных режимов, вибрационных нагрузок разной интенсивности и частоты, а также динамических воздействий при разгоне, торможении и маневрах. Жесткие системы крепления, не обладающие возможностью динамической адаптации, не могут реагировать на эти изменения, что приводит к постепенной потере эффективности фиксации.

Большинство существующих решений разрабатывались для работы со статическими или квазистатическими нагрузками, в то время как реальные условия перевозки характеризуются сложным спектром динамических воздействий. Силы, действующие на груз

после его закрепления, должны компенсировать силу, равную не менее 0,8 веса груза в направлении вперед и 0,5 веса груза в обратном направлении и в стороны (влево, вправо). Величина этих сил во время движения автомобильного транспортного средства определяется согласно рис. 4 [8].

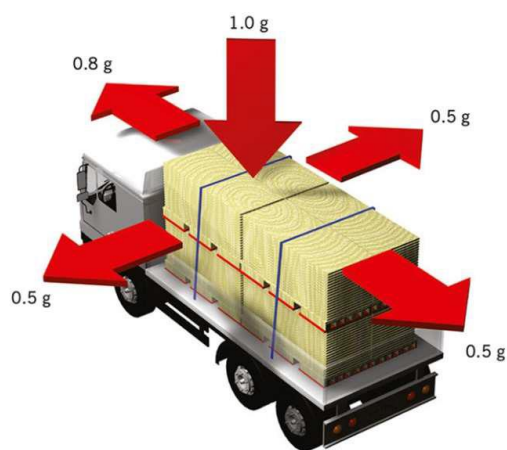


Рис. 4. Силы действующие на груз в процессе движения транспортного средства

Вибрации, возникающие от работы двигателя, неровностей дорожного покрытия, аэродинамических воздействий, создают сложную картину нагрузок, которые часто носят резонансный характер. Особенно проблематичными являются низкочастотные колебания большой амплитуды, которые могут вызывать постепенное смещение груза даже при правильно рассчитанном первоначальном креплении. Следовательно надежность крепления грузов должна подтверждаться надлежащими расчетами [9].

Важным аспектом является также экономическая составляющая использования существующих систем. Многие эффективные технические решения оказываются экономически нецелесообразными из-за высокой стоимости их внедрения и эксплуатации [10]. В то же время более дешевые

альтернативные варианты часто не обеспечивают необходимого уровня надежности, что в конечном итоге приводит к значительным экономическим потерям из-за повреждения грузов. Создание экономически эффективных решений, сочетающих разумную стоимость с высокой надежностью, представляет собой одну из ключевых задач современной транспортной логистики.

Недостаточная эффективность современных систем фиксации грузов приводит к масштабным экономическим потерям на всех уровнях логистической цепи. Прямые убытки от повреждения перевозимых товаров составляют значительную часть операционных расходов транспортно-логистических компаний. Для различных категорий грузов уровень потерь существенно варьируется: при перевозке пищевой продукции и скоропортящихся товаров он достигает 20 – 30%, для хрупких грузов (стекло, керамика, электроника) – 15 – 25%, а для фармацевтической продукции может превышать 30% от общей стоимости перевозки.

Системное влияние на всю логистическую отрасль проявляется в необходимости создания избыточных страховых резервов и повышения общей стоимости логистических услуг. Перевозчики вынуждены закладывать в тарифы возможные потери от повреждения грузов, что в конечном итоге приводит к увеличению стоимости перевозок на 15 – 20%. Дополнительные затраты возникают из-за необходимости разработки и внедрения компенсационных мер, таких как дополнительная упаковка, усиленная маркировка и специальные условия хранения. Для некоторых категорий товаров с особыми условиями перевозки

(например, температурный режим, вибрационные ограничения) затраты на обеспечение сохранности могут достигать 40 – 50% от общей стоимости логистики.

Особую проблему представляют экономические потери, которые часто не учитываются при оценке эффективности систем фиксации. К ним относятся затраты, связанные с простоем транспортных средств при оформлении страховых случаев, расходы на утилизацию поврежденных грузов, потери из-за срыва сроков поставки и нарушения логистических цепочек. Для современных цепочек поставок даже незначительное повреждение части груза может привести к остановке производственных линий и значительным штрафным санкциям. Совокупный экономический эффект от всех видов потерь оценивается в 5 – 7% от общего объема грузоперевозок, что представляет собой существенный резерв для повышения эффективности логистической отрасли.

Современные вызовы логистической отрасли стимулируют разработку принципиально новых подходов к обеспечению сохранности грузов. Одним из ключевых направлений является создание пассивных систем фиксации с улучшенными функциональными характеристиками, не требующих сложных систем управления и внешних источников энергии. Такие решения основаны на использовании материалов со специальными свойствами, способными эффективно поглощать и демпфировать динамические нагрузки без необходимости активного контроля параметров.

Значительный потенциал заключается в разработке конструктивных решений, обеспечивающих равномерное распределение усилий по всей поверхности

груза. Это включает создание систем с переменной жесткостью, которые способны адаптироваться к форме и массе груза за счет механических свойств материалов, а не электронных систем управления. Отдельное внимание уделяется решениям, которые сохраняют свою эффективность в широком диапазоне температурно-влажностных условий и при различных типах динамических нагрузок.

Важным направлением является разработка модульных систем фиксации грузов, которые могут быть легко адаптированы под различные типы грузов и транспортные средства. Такие решения позволяют создавать универсальные платформы, которые могут быть быстро перенастроены для работы с различными категориями грузов без необходимости сложной переналадки или дополнительных инвестиций в оборудование.

Особое внимание уделяется экономической эффективности новых решений. Разрабатываются системы, которые сочетают простоту монтажа и обслуживания с высокой надежностью фиксации. Это включает использование доступных материалов и технологий, которые не требуют специальных условий эксплуатации и могут быть легко внедрены в существующие логистические процессы.

Перспективным направлением является создание интегрированных решений, которые сочетают функции фиксации груза с дополнительными свойствами, такими как термоизоляция, защита от влаги или амортизация ударных нагрузок. Такие многофункциональные системы позволяют комплексно решать проблемы сохранности грузов без необходимости использования дополнительного оборудования или материалов.

Выводы. В результате проведенного обзора выявлено наличие проблем в области обеспечения сохранности грузов при автомобильных перевозках в полуприцепах-фургонах. Анализ существующих систем фиксации выявил их ограничения, связанные с неспособностью эффективно противостоять динамическим нагрузкам, возникающим в процессе транспортировки.

Перспективы развития систем фиксации грузов связаны с разработкой технических решений нового поколения, основанных на использовании современных материалов с улучшенными демпфирующими свойствами и оптимизированных конструктивных решений. Ключевое значение приобретает создание модульных и универсальных систем, способных адаптироваться к различным типам грузов и условиям перевозки без необходимости сложной переналадки.

Реализация модульных систем фиксации груза позволит существенно повысить сохранность грузов при перевозках, снизив уровень повреждений. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку конкретных технических решений и методик их применения при различных условиях перевозки.

Список источников

1. Стоян К.К. Оценка риска несохранности груза на автомобильном транспорте (в контуре междугородных перевозок) : дис. канд. техн. наук: 05.22.10 – ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, 2016. – 187 с.
2. ВСК и ПЭК рассказали, как избежать повреждения грузов при перевозке // сравни [сайт]. – URL: [https://www.sravni.ru/novost/2023/7/6/vsk-i-pek-](https://www.sravni.ru/novost/2023/7/6/vsk-i-pek-rasskazali-kak-izbezhat-povrezhdeniya-gruzov-pri-perevozke)
3. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2021 № 3363-р.
4. Волченко Т.С. Оптимизация параметров виброзащиты грузовых автотранспортных средств по критерию минимума динамических нагрузок: дис. канд. техн. наук: 01.02.06 – ФГБОУ ВПО «Южно-уральский государственный университет» (НИУ), Челябинск, 2014. – 148 с.
5. Международный союз автомобильного транспорта (IRU). Международное руководство по безопасному креплению груза на автомобильном транспорте / IRU; партнеры: Mariferm AB, TYA, Управление по гигиене труда и технике безопасности (Ирландия). – Женева: IRU, 2014. – 76 с. — (Изд.: IRU_OTF2014 вариант 01; IRU H0323 (ru)).
6. Способы и средства крепления груза // ТрансАвтоЦистерна [сайт]. – URL: https://lugansk.transavtoicisterna.pf/press-centr/stati/harakteristiki_gruza_i_transporta/kreplenie_gruza.
7. Патент RU109060U1, МПК В60Р 7/00 (2006.01). Устройство крепления груза для транспортировки : 2011105116/11 : заявл. 07.02.2011 : опубл. 10.10.2011 / Шайкин А.А. – 2 с.
8. Требования безопасности при размещении и креплении грузов на транспортных средствах: метод. документ / ПАО «Газпром нефть». – Версия 1.0. – 2018. – 27 с.
9. ГОСТ Р 70472-2023. Национальный стандарт Российской Федерации. Автомобильные транспортные средства. Безопасность перевозки грузов. Расчет сил крепления грузов: дата введения 2023-02-13 – М: Российский институт стандартизации, 2023. – 46 с.
10. Экономическая эффективность технических решений : учебное пособие / С. Г. Баранчикова [и др.] ; под общ. ред. проф.

И. В. Ершовой. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016 – 140 с.

References

1. Stoyan K.K. Cargo Loss Risk Assessment by Road Transport (in Intercity Transportation): Cand. Sci. (Eng.) Dissertation: 05.22.10 – Tyumen Industrial University, Tyumen, 2016. – 187 p.

2. VSK and PEC explained how to avoid cargo damage during transportation // compare [website]. – URL: <https://www.sravni.ru/novost/2023/7/6/vsk-i-pek-rasskazali-kak-izbezhat-povrezhdeniya-gruzov-pri-perevozke>.

3. Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a Forecast for the Period until 2035: Order of the Government of the Russian Federation dated November 27, 2021 No. 3363-r.

4. Volchenko T.S. Optimization of vibration protection parameters of trucks based on the criterion of minimum dynamic loads: Dis. Cand. Sci. (Eng.): 01.02.06 – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education “South Ural State University” (National Research University), Chelyabinsk, 2014. – 148 p.

5. International Road Transport Union (IRU). International guidelines for safe cargo securing in road transport / IRU; partners: Mariferm AB,

TYA, Occupational Health and Safety Executive (Ireland). – Geneva: IRU, 2014. – 76 p. — (Publication: IRU_OTF2014 version 01; IRU H0323 (ru)).

6. Methods and means of cargo securing // TransAvtoTsisterna [website]. – URL: https://lugansk.transavtotsisterna.rf/press-centr/stati/harakteristiki_gruza_i_transporta/kreplenie_gruza.

7. Patent RU109060U1, IPC B60P 7/00 (2006.01). Cargo securing device for transportation: 2011105116/11: declared 07.02.2011: published 10.10.2011 / Shaikin A.A. – 2 p.

8. Safety requirements for placing and securing cargo on vehicles: method. document / PJSC Gazprom Neft. – Version 1.0. – 2018. – 27 p.

9. GOST R 70472-2023. National standard of the Russian Federation. Motor vehicles. Cargo transportation safety. Calculation of Load Securing Forces: Effective Date 2023-02-13 – Moscow: Russian Institute of Standardization, 2023. – 46 p.

10. Economic Efficiency of Technical Solutions: Study Guide /

S. G. Baranchikova [et al.]; edited by Prof. I. V. Ershova. – Yekaterinburg: Ural University Publishing House, 2016 – 140 p.

Статья поступила в редакцию 22.08.2025

Информация об авторах

Тарарычкин Игорь Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортные технологии» Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

SPIN-код: 3508-2693, AuthorID: 955209

E-mail: donbas_88888@mail.ru

Ветерцовский Владислав Николаевич, ассистент кафедры «Транспортные технологии» Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

E-mail: vladvetertsovsky@yandex.ru

Information about the authors

Tararychkin Igor Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Transport Technologies of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.

SPIN-код: 3508-2693, AuthorID: 955209

E-mail: donbas_88888@mail.ru

Vetertsovsky Vladislav Nikolaevich, Assistant of the Department of Transport Technologies of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.

E-mail: vladvetertsovsky@yandex.ru

Для цитирования:

Тарарычкин И. А., Ветерцовский В. Н. Исследование проблем и перспектив развития систем фиксации грузов в полуприцепах-фургонах // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. Серия Технические науки. – 2025. – № 3(4). – С. 34-41.

For citation:

Tararchkin I. A., Vetertsovsky V. N. Research of problems and prospects of development of cargo fixation systems in semi-trailers, vans // Vestnik of Lugansk State University named after Vladimir Dahl. Series Technical Sciences. – 2025. – № 3 (4). – P. 34-41.

УДК 656.2:004.8

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА

Тарарычкин И. А., Попович А. А.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATION FOR DIFFERENT TYPES VEHICLES TRAFFIC SAFETY

Tararychkin I. A., Popovich A. A.

Аннотация. Современные системы транспорта нуждаются в улучшении безопасности и надежности работы. Искусственный интеллект (ИИ) помогает автоматизировать контроль за безопасностью движения, что снижает вероятность аварий и улучшает обслуживание техники. В статье обсуждаются основные способы использования ИИ в этой сфере: анализ данных, выявление неисправностей и предсказание возможных сбоев.

Ключевые слова: искусственный интеллект, транспортная безопасность, автономные системы, оптическая система распознавания знаков, предиктивное обслуживание, управление движением, алгоритмы машинного обучения, снижение аварийности.

Abstract. Modern transportation systems require improvements in safety and operational reliability. Artificial intelligence (AI) facilitates the automation of traffic safety monitoring, reducing the likelihood of accidents and enhancing equipment maintenance. The article explores key applications of AI in this field, including data analysis, fault detection, and prediction of potential failures.

Key words: artificial Intelligence, traffic safety, autonomous systems, predictive maintenance, OCR, traffic management, machine learning algorithms, accident reduction.

Введение. Транспортная сфера сегодня сталкивается с важными вызовами, связанными с обеспечением безопасности на дорогах. Увеличение объемов грузоперевозок, интенсивное движение и сложная дорожная инфраструктура способствуют росту числа дорожно-транспортных происшествий. Использование передовых технологий, таких как искусственный интеллект, создает новые перспективы для преодоления этих трудностей. ИИ способен анализировать огромные массивы данных в режиме реального времени, прогнозировать

потенциальные риски и содействовать предотвращению аварий, что делает его важным инструментом для повышения безопасности в транспортной отрасли [1].

Актуальность темы обусловлена широким внедрением искусственного интеллекта для оптимизации управления и усиления безопасности. В качестве примера можно привести системы компьютерного зрения, такие как автопилот Tesla (рис. 1). Эти технологии используют алгоритмы машинного обучения для обработки информации с датчиков и камер, что позволяет в реальном времени

анализировать дорожную ситуацию, принимать обоснованные решения, избегать столкновений и оперативно адаптироваться к изменяющимся условиям движения.



Рис. 1. Система управления автомобилем Tesla Autopilot

Нейросети сегодня занимают значительное место в авиационной отрасли. Это подчеркивает важность всестороннего внедрения инновационных технологий в

транспортную систему, что способствует не только росту эффективности, но и укреплению безопасности.

Материалы и методы. Современные транспортные средства всё чаще комплектуются системами, способными распознавать дорожные знаки и пешеходов, что существенно повышает безопасность дорожного движения. Эти технологии позволяют водителям оперативно реагировать на изменения в дорожной обстановке, минимизируя вероятность аварий. Как отмечается, системы видеонаблюдения «способствуют справедливому наказанию нарушителей, сокращают заторы и повышают безопасность и эффективность дорог». Таким образом, искусственный интеллект становится неотъемлемой частью современных автомобилей, обеспечивая их безопасную и эффективную эксплуатацию [3].

Таблица 1

Сравнение ИИ в разных видах транспорта

Вид	Применение ИИ	Эффект / Преимущества
Автомобили	Распознавание дорожных знаков и пешеходов, видеонаблюдение	Снижение аварий, уменьшение заторов, повышение безопасности
Ж/Д	Предиктивное обслуживание, оптимизация расписания, системы управления движением (ПТС)	Предотвращение аварий, уменьшение задержек, повышение безопасности
Авиация	Системы предотвращения столкновений (ACAS X), анализ технического состояния, управление воздушным движением	Снижение рисков аварий на 15%, повышение эффективности и безопасности авиаполетов

В железнодорожной отрасли искусственный интеллект играет ключевую роль в повышении безопасности и оптимизации транспортных процессов. Например, компания Deutsche Bahn применяет системы предиктивного обслуживания, которые анализируют данные с датчиков на путях и подвижном составе, чтобы выявлять потенциальные

неисправности и предотвращать аварии. Кроме того, ИИ оптимизирует расписание поездов, учитывая загрузку путей, погодные условия и другие параметры, что позволяет минимизировать задержки и повысить безопасность. В США система Positive Train Control (PTC) (рис. 2) использует ИИ для мониторинга скорости, местоположения и маршрутов поездов,

предотвращая столкновения и обеспечивая безопасность пассажиров и грузов [2].



Рис. 2. Система Positive Train Control

В авиационной отрасли искусственный интеллект активно применяется для предотвращения столкновений в воздухе. Например, система ACAS X анализирует траектории полёта других воздушных судов и предоставляет пилотам рекомендации по безопасным манёврам, снижая вероятность аварий. Компании, такие как Boeing, используют ИИ для мониторинга состояния самолётов, выявляя потенциальные неисправности на ранних стадиях и предотвращая инциденты [4]. Кроме того, ИИ помогает авиадиспетчерам эффективнее управлять воздушным движением, улучшая координацию полётов и минимизируя риск ошибок, что особенно актуально в условиях роста объёмов авиаперевозок.

Искусственный интеллект значительно повышает безопасность в авиации. Анализ данных с датчиков и камер позволяет выявлять потенциальные проблемы и предотвращать аварийные ситуации. Согласно данным Международной организации гражданской авиации (ICAO), внедрение таких технологий снижает вероятность аварий на 15% благодаря раннему обнаружению неисправностей и их оперативному устранению. ИИ становится важным инструментом для обеспечения безопасности не только в

авиации, но и в других видах транспорта [5]. Например, в автосервисах системы на базе ИИ анализируют историю обращений клиентов и их предпочтения, что позволяет предлагать персонализированные услуги и повышать качество обслуживания.

ИИ находит широкое применение в решениях, направленных на повышение безопасности и эффективности транспорта. Одним из ключевых направлений являются системы помощи водителю, такие как ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) (рис. 3), включающие функции экстренного торможения и удержания полосы движения. Эти системы используют алгоритмы ИИ для обработки данных с камер и датчиков. В 2020 году такие технологии продемонстрировали свою эффективность, снизив количество аварий на 27% в автомобилях, оснащённых ими [6].



Рис. 3. Система помощи водителю

В железнодорожном транспорте, например в метро Москвы, идёт подготовка к запуску беспилотного поезда на Большой кольцевой линии (БКЛ). На первом этапе (запланирован на 2025 год) систему испытывают на поезде «Москва-2020».

Для обеспечения движения линию оборудуют сетью 5G, которая позволит наладить сверхбыструю связь взаимодействия с инфраструктурой.



Рис. 4. Поезд «Москва-2020»

ИИ обеспечивает разгон и торможение состава, закрытие и открытие дверей на станции, но в кабине обязательно находится машинист для контроля за работой систем. ИИ применяется для управления автономными поездами, что позволяет сократить влияние человеческого фактора, минимизировать задержки и повысить безопасность [8].

Нью-Йоркский метрополитен использует систему TrackInspect (рис. 5) на базе ИИ. Внизу головного вагона прикрепляется устройство для обнаружения дефектов рельсов до того, как они приведут к задержкам. Технология отслеживает вибрации и звуки вдоль путей, отправляя эти данные в облако для анализа в реальном времени [7, 8].



Рис. 5. Система TrackInspect

В авиации ИИ используется для прогнозирования технического обслуживания, предотвращая сбои оборудования. Так, система Predix от GE Aviation анализирует данные бортовых

датчиков, способствуя предотвращению инцидентов. Эти примеры показывают, как ИИ улучшает технические характеристики транспортных систем, обеспечивая их надёжность и безопасность [10].

Результаты и обсуждения.

Технологии искусственного интеллекта демонстрируют значительные успехи в повышении безопасности транспорта, сокращая количество аварий и обеспечивая лучшую защиту участников движения. Например, системы предотвращения столкновений, такие как автопилот Tesla, анализируют дорожную обстановку в реальном времени и предпринимают действия для избежания инцидентов. Исследования показывают, что такие технологии снизили аварийность на 40%, существенно повышая безопасность на дорогах. Кроме того, интеллектуальные системы на базе ИИ и анализа данных оптимизируют транспортные сети, улучшая не только безопасность, но и эффективность, а также снижая эксплуатационные расходы. Это создаёт новые возможности для управления транспортными потоками [12].

Несмотря на очевидные преимущества, применение ИИ в транспортной отрасли связано с определёнными рисками. Ключевой проблемой является потенциальная предвзятость алгоритмов, которая может привести к неверным решениям. Например, исследование MIT 2018 года выявило, что алгоритмы ИИ могут ошибочно интерпретировать данные, создавая угрозу безопасности. Ещё одним вызовом является обеспечение качества и достоверности данных для обучения ИИ. Как отмечает Клопова, «развитие ИИ в логистике открывает новые перспективы, но сопряжено с рисками», подчёркивая

необходимость тщательного подхода к внедрению технологий [4].

Развитие ИИ создаёт широкие возможности для повышения безопасности в транспортной отрасли. Согласно отчёту McKinsey & Company за 2021 год, использование ИИ в системах управления дорожным движением может сократить количество аварий на 20–30% благодаря анализу данных в реальном времени и оперативному выявлению угроз. Такие системы уже эффективно применяются в крупных городах с интенсивным движением, где требуется быстрое принятие решений. Инновационные решения на базе ИИ продолжают развиваться, обеспечивая более точное прогнозирование и предотвращение аварийных ситуаций [14].

Для эффективного применения ИИ в транспортной безопасности следует учитывать успешные примеры и результаты исследований. Опыт компании Waymo, чьи автономные автомобили преодолели миллионы километров без серьёзных инцидентов, демонстрирует высокий потенциал ИИ в предотвращении аварий. Рекомендуется развивать и тестировать автономные транспортные средства в контролируемых условиях для повышения их надёжности. Кроме того, системы помощи водителю, такие как автоматическое экстренное торможение (рис. 6), по данным NHTSA, значительно снижают аварийность, что подчёркивает важность их внедрения в серийное производство.

Также стоит поддерживать инициативы, подобные предложениям Европейской комиссии, по созданию интеллектуальных транспортных систем на базе ИИ для управления дорожным движением. Рекомендации включают

разработку стандартов для тестирования и сертификации ИИ, обязательное внедрение систем помощи водителю и развитие интеллектуальных транспортных систем для сокращения заторов и повышения безопасности [13].

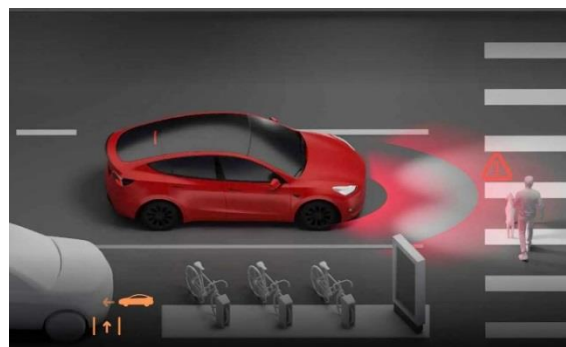


Рис. 6. Автоматическое экстренное торможение

Выводы. Анализ различных источников подтверждает, что использование технологий искусственного интеллекта в разных видах транспорта значительно повышает безопасность движения. Основные преимущества включают улучшение точности управления транспортными средствами, снижение числа аварий и повышение эффективности транспортных систем. Однако были отмечены и риски, связанные с внедрением ИИ, такие как необходимость обеспечения надёжности алгоритмов и минимизации возможных ошибок.

Обзор существующих решений показывает, что ИИ активно применяется в автомобильной, железнодорожной и авиационной отраслях, эффективно снижая аварийность и улучшая координацию движения. Для достижения наилучших результатов необходимо дальнейшее развитие технологий, их стандартизация и адаптация к различным условиям эксплуатации.

Таким образом, анализ подчёркивает важность интеграции ИИ в транспортные

системы для создания безопасных и эффективных условий движения. Это требует комплексного подхода, включающего разработку новых технологий, создание нормативной базы, подготовку квалифицированных специалистов и междисциплинарное сотрудничество.

Список источников

1. Амбражевич Д. П. Роль искусственного интеллекта в обеспечении безопасности движения на дорогах // Инновационные подходы в обеспечении системы транспортной безопасности. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://elib.bsut.by/bitstream/handle/123456789/9286/337-338.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 21.09.2025).
2. Арипов Н. М. Искусственный интеллект на железнодорожном транспорте: методология, определение, таксономия, руководства и правила // *Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*. – 2024. – Т. 4, № 7. – С. 59–60.
3. Громыко М. Р., Петрович Ю. Ю. Кейсы применения искусственного интеллекта в логистике: зарубежный опыт // 60-я Юбилейная Научная Конференция Аспирантов, Магистрантов и Студентов БГУИР. – Минск, 2024. – С. 233-234.
4. Клопова, В. С. Применение искусственного интеллекта в функциональных областях логистики / В. С. Клопова ; науч. рук. Ю. А. Осипова // Развитие логистики и управления цепями поставок [Электронный ресурс] : материалы III Международной научно-практической студенческой конференции в Белорусском национальном техническом университете (в рамках Международного молодёжного форума «Креатив и инновации» 2022») г. Минск, 25 ноября 2022 года / редкол.: Д. В. Капский, Р. Б. Ивуть, П. И. Лапковская ; сост. П. И. Лапковская. – Минск : БНТУ, 2023. – С. 421-425.
5. Кулида Е. Л., Лебедев В. Г. Проблемы при применении методов машинного обучения в авиации // Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – Москва, Россия. [Электронный ресурс].
6. Мурзағали А. Е. Интеллектуальные системы управления транспортом: рассмотрение применения искусственного интеллекта и аналитики данных для оптимизации работы транспортных сетей. [Электронный ресурс]. – URL: <http://rep.enu.kz/handle/enu/21822> (дата обращения: 21.09.2025).
7. Попов П.А. Применение технологий искусственного интеллекта для железнодорожного транспорта // *Техника железных дорог*. – 2024. – № 1 (65). – С. 22-23.
8. Самусенко П.С., Устинов К.К., Пампура А.А. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ РОССИИ: ВОЗМОЖНОСТИ И РИСКИ // Молодежный научный форум: электр. сб. ст. по мат. CCLII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 20(252). [Электронный ресурс]. – URL: [https://nauchforum.ru/archive/MNF_interdisciplinarity/20\(252\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_interdisciplinarity/20(252).pdf) (дата обращения: 21.09.2025).
9. Скворцова И. В., Чаюк С. В., Багаева И. В., Нурулин М. Ю. Интеграция искусственного интеллекта в железнодорожный транспорт: вызовы, возможности и перспективы развития // *Вестник Алтайской академии экономики и права*. – 2025. – № 3. – С. 156-157.
10. Соколов О.А., Карташова Д.М. Интеграция автоматизации в систему штурвального управления // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки. – 2024. – № 11(98). – [Электронный ресурс]. – URL: https://alley-science.ru/domains_data/files/Novemder24/INTEGRaTSIYa-aVTOMaTIZaTSII-V-SISTEMU-SHTURVaL-NOGO-UPRaVLENIYa.pdf. (дата обращения: 21.09.2025).
11. Соломаха В. Д. Отдельные вопросы правового регулирования использования искусственного интеллекта в сфере транспорта за рубежом и в России / В. Д. Соломаха // *Вестник евразийской науки*. – 2024. – Т. 16. – № 55. URL: <https://esj.today/PDF/16FAVN524.pdf>. (дата обращения: 21.09.2025).
12. Хьюз М. Как искусственный интеллект изменит представление об информационной и

компьютерной безопасности в ядерной сфере // Бюллетень МАГАТЭ. – 2023. – Июнь. – С. 14-15.

13. Шарипов Э. Ж., Ишниязов О. О. Применение искусственного интеллекта в логистике // World scientific research journal. – 2025. – Т. 39, № 1. – С. 319-320. [Электронный ресурс]. – URL: <https://scientific-jl.com/wsrj>. (дата обращения: 21.09.2025).

14. Янченко А.А., Пономарев С.Ю. Искусственный интеллект в решении актуальных задач транспортной логистики // Материалы международного научно-промышленного форума. – 2024. – Секция VII Логистика и управление на транспорте. – ISBN 978-5-901722-84-8.

References

1. Ambrajevich D. P. The Role of Artificial Intelligence in Ensuring Road Traffic Safety // Innovative Approaches in Ensuring Transport Security Systems. — [Electronic resource]. – URL: <http://elib.bsut.by/bitstream/handle/123456789/9286/337338.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed: 21.09.2025).

2. Aripov N. M. Artificial Intelligence in Railway Transport: Methodology, Definition, Taxonomy, Guidelines, and Rules // Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences. – 2024. – Vol. 4, No. 7. – pp. 59-60.

3. Gromyko M. R., Petrovich Yu. Yu. Case Studies on the Application of Artificial Intelligence in Logistics: International Experience // 60th Anniversary Scientific Conference of Postgraduate Students, Master's Students, and Students of BSUIR. – Minsk, 2024. – pp. 233–234.

4. Klopova V. S. Application of Artificial Intelligence in Functional Areas of Logistics / V. S. Klopova; scientific supervisor Yu. A. Osipova // Development of Logistics and Supply Chain Management [Electronic resource]: Proceedings of the III International Scientific and Practical Student Conference at Belarusian National Technical University (within the framework of the International Youth Forum “Creativity and Innovations’ 2022”), Minsk, 25 November 2022 /

Editorial board: D. V. Kapsky, R. B. Ivut, P. I. Lapkovskaya; compiled by P. I. Lapkovskaya. – Minsk: BNTU, 2023. – pp. 421–425.

5. Kulida E. L., Lebedev V. G. Challenges in Applying Machine Learning Methods in Aviation // V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences. – Moscow, Russia. [Electronic resource].

6. Murzagali A. E. Intelligent Transport Management Systems: Exploring the Application of Artificial Intelligence and Data Analytics for Optimizing Transport Networks. [Electronic resource]. – URL: <http://rep.enu.kz/handle/enu/21822> (accessed: 21.09.2025).

7. Popov P. A. Application of Artificial Intelligence Technologies in Railway Transport // Railway Engineering. – 2024. – No. 1 (65). – Pp. 22–23.

8. Samusenko P. S., Ustinov K. K., Pampura A. A. Artificial Intelligence in Russia's Railway Infrastructure: Opportunities and Risks // Youth Scientific Forum: Electronic Collection of Articles from the CCLII International Student Scientific and Practical Conference No. 20(252). [Electronic resource]. – URL: [https://nauchforum.ru/archive/MNF_interdisciplinarity/20\(252\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_interdisciplinarity/20(252).pdf) (accessed: 21.09.2025).

9. Skvortsova I. V., Chayuk S. V., Bagaeva I. V., Nurulin M. Yu. Integration of Artificial Intelligence in Railway Transport: Challenges, Opportunities, and Development Prospects // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2025. – No. 3. – pp. 156–157.

10. Sokolov O. A., Kartashova D. M. Integration of Automation in the Steering Control System // Alley of Science Scientific and Practical Electronic Journal. – 2024. – No. 11(98). — [Electronic resource]. – URL: https://alley-science.ru/domains_data/files/Novemder24/INTEGRaTSIYa-aVTOMaTIZaTSII-V-SISTEMU-SHTURVaL-NOGO-UPRaVLENIYa.pdf (accessed: 21.09.2025).

11. Solomakha V. D. Selected Issues of Legal Regulation of Artificial Intelligence Use in the Transport Sector Abroad and in Russia / V. D. Solomakha // Eurasian Scientific Journal. – 2024. –

Vol. 16. – No. s5. – URL: <https://esj.today/PDF/16FAVN524.pdf> (accessed: 21.09.2025).

12. Hughes M. How Artificial Intelligence Will Transform the Understanding of Information and Computer Security in the Nuclear Sector // IAEA Bulletin. – 2023. – June. – pp. 14–15.

13. Sharipov E. Zh., Ishniyazov O. O. Application of Artificial Intelligence in Logistics // World Scientific Research Journal. – 2025. – Vol. 39, No. 1. – pp. 319–320. [Electronic resource]. –

URL: <https://scientific-jl.com/wsrj> (accessed: 21.09.2025).

14. Yanchenko A. A., Ponomarev S. Yu. Artificial Intelligence in Addressing Current Challenges in Transport Logistics // Proceedings of the International Scientific and Industrial Forum. – 2024. – Section VII Logistics and Transport Management. – ISBN 978-5-901722-84-8.

Статья поступила в редакцию 30.09.2025

Информация об авторах

Тарарычкин Игорь Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортные технологии» Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

SPIN-код: 3508-2693, AuthorID: 955209

E-mail: donbas_88888@mail.ru

Попович Антон Андреевич, аспирант кафедры «Транспортные технологии» Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

SPIN-код: 4183-0208, AuthorID: 1308459

E-mail: wasdas394@gmail.com

Information about the authors

Tararychkin Igor Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor Head of the Department of Transport Technologies, of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.

SPIN-код: 3508-2693, AuthorID: 955209

E-mail: donbas_88888@mail.ru.

Popovich Anton Andreevich, postgraduate student of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.

SPIN-код: 4183-0208, AuthorID: 1308459

E-mail: wasdas394@gmail.com

Для цитирования:

Тарарычкин И.А., Попович А.А. Применение искусственного интеллекта для обеспечения безопасности движения различных видов транспорта // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. Серия Технические науки. – 2025. – № 3(4). – С. 42-49.

For citation:

Popovich A.A., Tararychkin I.A. Artificial Intelligence application for different types vehicles traffic safety // Vestnik of Lugansk State University named after Vladimir Dahl. Series Technical Sciences. – 2025. – № 3 (4). – P. 42-49.

УДК 629.12.063

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ И ПАРΟΣНАБЖЕНИЯ

Тихосова А. А., Терлыч С. В., Терновая Т. И.

THE FEATURES OF OPERATION OF VESSEL STEAM HEATING AND STEAM SUPPLY PIPELINES

Tikhosova A. A., Terlych S. V., Ternovaya T. I.

Аннотация. Предложен авторский способ контроля безопасной эксплуатации судовых трубопроводов отопления и транспортировки бытового водяного пара. Предлагаемый способ позволяет путём комплексного подбора предохранительного клапана, дроссельной шайбы и редукционного клапана обеспечить безопасную работу систем парового отопления и хозяйственного (бытового, промышленного) пароснабжения. Результаты расчётов пропускной способности предохранительных клапанов, выполненных по предложенному варианту, хорошо согласуются с аналогичными рекомендациями по существующим нормам и стандартам.

Ключевые слова: судовые системы, трубопроводы отопления, пароснабжение на транспортных и промышленных судах.

Abstract. The author's method for controlling the safe operation of ship's heating pipelines and the transportation of household water vapor has been proposed. The proposed method allows for the comprehensive selection of a safety valve, a throttle valve, and a pressure relief valve to ensure the safe operation of steam heating systems and household (commercial) steam supply systems. The results of calculations of the flow capacity of safety valves performed according to the proposed method are in good agreement with similar recommendations in existing regulations and standards.

Key words: ship systems, heating pipelines, steam supply on transport and commercial vessels.

Введение. В соответствии с действующими нормативами [1] давление в судовых системах парового отопления и пароснабжения не должно превышать 3,0 и 5,0 кгс/см² соответственно. Необходимая величина рабочего давления обеспечивается редуцированием пара, поступающего на станцию пароснабжения (рис. 1) от главных или вспомогательных котлов, а также с берега или дока. Стандартом на проектирование систем парового отопления и хозяйственного

пароснабжения (промышленного пароснабжения для рыболовных судов) рекомендуется установка редукционного и предохранительного клапана.

Если для аварийной ситуации (на случай выхода из строя клапана) невозможно предусмотреть предохранительный клапан соответствующей пропускной способности, то стандартом [2] рекомендуется применение дроссельной шайбы перед редукционным клапаном. Последняя

рассчитана на максимальный расход при работе редукционного клапана. **Проблема** заключается в том, что в аварийных

случаях расход на шайбу увеличится, но он не должен превышать пропускной способности предохранительного клапана.

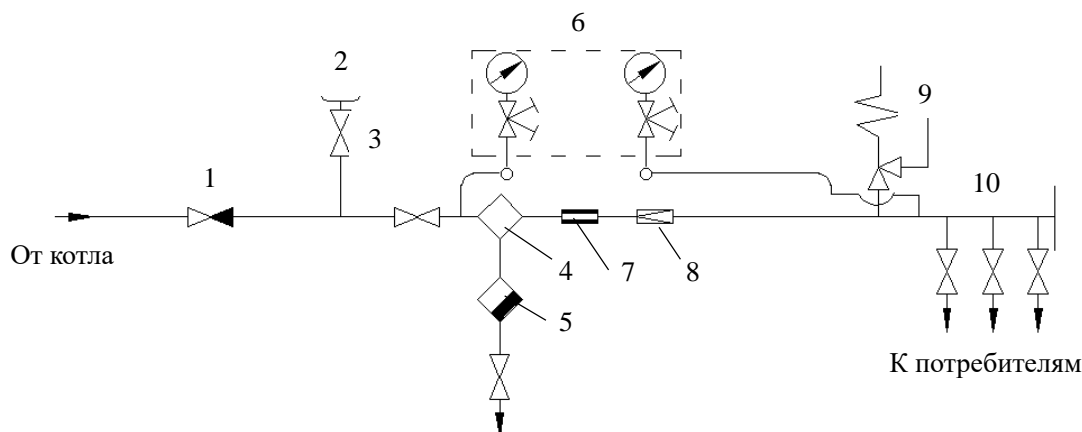


Рис. 1. Схема судовой станции пароснабжения (рис. авторов)

1 – невозвратно-запорный клапан; 2 – втулка приёма пара с берега; 3 – запорный клапан; 4 – сепаратор; 5 – отвод конденсата; 6 – манометр; 7 – дроссельная заслонка; 8 – редукционный клапан; 9 – предохранительный клапан; 10 – коллектор

Анализ литературы по теме статьи. Опыт проектирования [3], конструирования [4] и эксплуатации [5] показал, что дроссельную шайбу в указанных случаях, как правило, не устанавливают. В то же время применяются предохранительные клапаны, не обеспечивающие выпуск достаточного количества водяного пара. Это может привести к увеличению давления в системе при выходе из строя редукционного клапана. В последнее время в некоторых случаях для систем парового отопления и хозяйственного (бытового) пароснабжения вместо редукционных клапанов стали применять регуляторы давления, что вызвало затруднения в размещении аппаратуры в связи с громоздкостью конструкции регуляторов, а также нарушило принцип унификации системы [6].

С целью обеспечения безопасной работы рассматриваемых систем авторами предложен способ расчёта дроссельных

шайб и выбора предохранительных и редукционных клапанов.

Изложение основного материала. Проход водяного пара через предохранительный клапан с некоторой степенью допущения можно представить как адиабатный процесс истечения через суживающееся сопло. Максимальный расход пара через сопло G_{\max} (кг/ч) при критической скорости истечения (в случае $\frac{P_2}{P_1} \leq \beta_{\text{кр}}^{\text{с}}$) определяются в соответствии с [7] по формуле:

$$G_{\max} = \frac{91,53 f \sqrt{i_1 - i_{\text{кр}}}}{v_{\text{кр}}} 3600, \quad (1)$$

где P_1 – давление пара перед соплом, кгс/см²;

P_2 – давление пара в устье сопла, кгс/см²;

$\beta_{\text{кр}}^{\text{с}}$ – критическое отношение давлений, при котором расход пара через сопло

становится максимальным и в дальнейшем не меняется;

f – площадь сечения устья сопла, м^2 ;

i_1 – энтальпия пара при давлении P_1 , ккал/кг;

$i_{кр}$, $v_{кр}$ – энтальпия и удельный объём пара при давлении $P_2 = P_{кр} = \beta_{кр}^C P_1$.

Величина критического отношения давлений $\beta_{кр}^C$ зависит от показателя адиабаты k [8] и может быть вычислена по формуле:

$$\beta_{кр}^C = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}. \quad (2)$$

Для сухого насыщенного пара $k = 1,135$.

Уравнение (1) выведено без учёта потерь энергии, затрачиваемой на преодоление сил трения в сопле. В действительности же при истечении пара часть энергии переходит в тепло и обуславливает некоторое возрастание энтальпии пара на выходе из сопла по сравнению с той энтальпией, которую пар имел бы в случае адиабатного обратимого процесса. Это видно на рис. 2: точка 1 характеризует начальное состояние пара, точка 2 – конечное при адиабатном процессе без учёта потерь энергии.

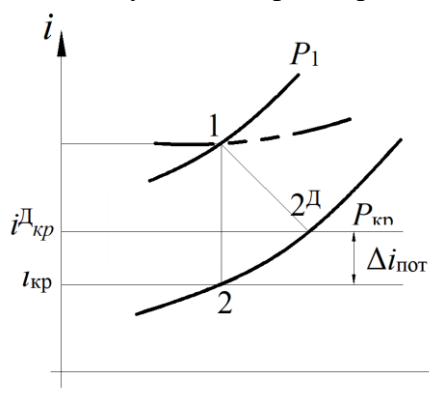


Рис. 2. Процесс расширения пара в сопле

Необратимый адиабатный процесс расширения пара должен сопровождаться ростом энтропии, в результате чего конечная точка действительного процесса

расширения до того же давления $P_{кр}$ сместится по изобаре вправо (точка 2Д). Этот процесс является необратимым. Приращение энтальпии пара в этом случае по сравнению с обратимым процессом, то есть протекающим без потерь энергии, может быть определен по формуле:

$$\Delta i_{пот} = (i_1 - i_{кр})\xi. \quad (3)$$

Для случая истечения пара из сопла

$$\xi = 1 - \varphi \quad (4)$$

здесь и далее ξ – коэффициент потери энергии;

φ – скоростной коэффициент, принимаемый на практике равным 0,92...0,97.

Тогда с учётом потери энергии на трение можно получить окончательную зависимость для максимального расхода водяного пара через сопло при $\frac{P_2}{P_1} \leq \beta_{кр}^C$:

$$G_{max} = \frac{91,53 \varphi f \sqrt{i_1 - i_{кр}}}{v_{кр}} 3600. \quad (5)$$

Для определения значений $i_{кр}$ и $v_{кр}$ необходимо знать величину критического отношения давлений $\beta_{кр}^C$ для сопла. Эта величина, вычисленная по формуле (2) с учётом показателя адиабаты k для сухого насыщенного пара, равного 1,135, составит $\beta_{кр}^C = 0,58$.

Зависимость (5) можно использовать также для определения максимального расхода водяного пара через предохранительный клапан, если известна величина критического отношения давлений для клапана $\beta_{кр}^{кл}$. Эта величина меньше, чем для сопла, и по данным, приведенным в работе [9], лежит в

пределах 0,30-0,34. Она же может быть вычислена по формуле, приведенной в той же работе:

$$\beta_{кр}^{кл} = 0,75\beta_{кр}^c. \quad (6)$$

Авторами принято $\beta_{кр}^{кл} = 0,34$.

Тогда в зависимости (5), используемой для определения расхода пара через предохранительный клапан при критической скорости истечения, величины $i_{кр}$ и $v_{кр}$ следует брать при давлении $P_2 = P_{кр} = 0,34P_1$. Здесь P_1 – давление перед предохранительным клапаном, при котором последний полностью открыт ($P_1 = 1,2P_{маг}$, а $P_{маг}$ – давление пара в магистрали). Величину рабочего сечения клапана следует принимать равной $f = 0,785D_y^2$.

Если пропускная способность предохранительного клапана, определенная по зависимости (5), окажется намного меньше паропроизводительности котла, то для ограничения поступления пара в магистраль следует установить перед редукционным клапаном дроссельную шайбу. Она должна быть подобрана таким образом, чтобы при выходе из строя редукционного клапана расход через неё не превышал максимальную пропускную способность предохранительного клапана. В общем случае пропускная способность шайбы (кг/ч) определяется по формуле, приведенной в работе [10]:

$$G = 0,776d_0^2\sqrt{\Delta P\gamma}, \quad (7)$$

где d_0 – диаметр дроссельной шайбы, мм;

ΔP – перепад давлений на шайбе, кгс/см²;

γ – удельный вес пара при давлении, равном давлению пара перед шайбой, кг/м³.

Расчёт дроссельной шайбы производится для случая, когда редукционный клапан выходит из строя, то

есть перепад давлений на шайбе становится равным (рис. 3):

$$\Delta P_{max} = P_{кр} - P_{маг}. \quad (8)$$

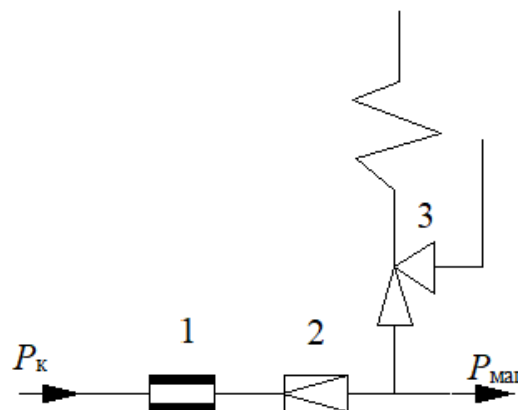


Рис. 3. Расчётная схема для подбора дроссельной шайбы

1 – дроссельная шайба; 2 – редукционный клапан; 3 – предохранительный клапан; P – давление перед редукционным клапаном при его работе

Тогда шайба подбирается при заданных ΔP_{max} и $G = G_{max}$. В этих случаях давление в магистрали не превысит допустимой величины. Диаметр отверстия дроссельной шайбы вычисляется по формуле:

$$d_0 = \sqrt{\frac{G_{max}}{0,776\sqrt{\Delta P_{max}\gamma_k}}}, \quad (9)$$

где γ_k – плотность водяного пара при давлении перед шайбой, кг/м³.

После выбора дроссельной шайбы следует определить перепад давлений ΔP на шайбе при нормальной работе редукционного клапана. Он может быть вычислен из выражения (7) для G по известному диаметру отверстия шайбы и расходу пара в магистрали на нужды потребителей:

$$\Delta P = \frac{G_{маг}^2}{0,6d_0^4\gamma_k}. \quad (10)$$

Редукционный клапан подбирают по установленным параметрам: пропускной способности, давлению пара перед ним и величине редуцируемого давления $P_{\text{маг}}$. Давление пара перед редукционным клапаном при его работе можно определить из зависимости:

$$P = P_k - \Delta P. \quad (11)$$

Резюме. 1. Предлагаемый способ позволяет путём комплексного подбора предохранительного клапана, дроссельной

шайбы и редукционного клапана обеспечить безопасную работу систем парового отопления и хозяйственного (бытового, промышленного) пароснабжения.

2. Результаты расчётов пропускной способности предохранительных клапанов, выполненных по предложенному варианту, хорошо согласуются с аналогичными рекомендациями по нормам и стандартам, в частности с [11, 12]. Такие сравнения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная оценка пропускной способности предохранительных клапанов

Нормы	D_y , мм	G_{max} , кг/ч	D_y , мм	G_{max} , кг/ч
ОСТ 34-10-759-97	32	1170	50	2820
ПБ 10-573-3	32	1390	50	3360
Авторский способ	32	1155	50	2800

Список источников

1. Правила классификации и постройки морских судов. Часть VIII «Системы и трубопроводы». СПб.: РМРС, 2020. – 218 с.

2. ГОСТ Р 58067-2018 Техническое обеспечение строящихся, переоборудуемых и ремонтируемых судов. Системы отопления судовых помещений. Требования. М.: Стандартинформ, 2018. – 23 с.

3. Курников, А.С. Совершенствование систем обеспечения обитаемости и повышения экологической безопасности судов на основе активированных окислительных технологий [Текст] : дис. ... д-ра техн.наук:05.08.03 / А. С. Курников ; ВГАВТ. - защищена 04.07.2002. – Н. Новгород, 2002. – 307 с.

4. Двойченко Ю.А. Основы проектирования судовых систем. – «Инфра-Инженерия», 2025. – 284 с.

5. Попов В.В. Эксплуатация судовых вспомогательных механизмов, систем и устройств. – Керчь: КГМТУ, 2021. – 182 с.

6. Ениватов В.В., Макаренко Е.О. Судовые котельные и паропроизводящие установки. – Керчь: КГМТУ, 2019. – 82 с.

7. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х тт./ Аверченков В.И. и др. – М.: Машиностроение. – Том 1. – 2023.

8. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика. Учеб, пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 2000 – 261 с.: ил.

9. Хазин М.Л., Волегов С.А. Повышение надёжности клапана поршневого компрессора / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – №4. – 2014. – С. 191-194.

10. Мохаммад А.Л., Хорош И.Л., Титов М.Л., Куликова Н.П. Расчёт дроссельного устройства разогрева рабочей жидкости гидропривода с автоматическим управлением в зависимости от температуры // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – №12 – 2015. – С. 38-44.

11. ОСТ 34-10-759-97 Стандарты отрасли. Детали и сборочные единицы трубопроводов из углеродистой и низколегированной сталей. СПб.: Севзапэнергомонтажпроект. – 1997. – 18 с.

12. ПБ 10-573-3 Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды. Утверждены постановлением Госгортехнадзора РФ от 11 июня 2003 г. №90. М.: НТЦ «Промышленная безопасность». – 2008. – 128 с.

References

1. Rules for the Classification and Construction of Sea-Going Vessels. Part VIII "Systems and Piping". St. Petersburg: RMRS, 2020. – 218 p.

2. GOST R 58067-2018 Technical Support for Vessels Under Construction, Refit, and Repair.

Heating Systems for Ship Spaces. Requirements. Moscow: Standartinform, 2018. – 23 p.

3. Kurnikov, A.S. Improving Ship Habitability and Environmental Safety Systems Based on Activated Oxidation Technologies [Text]: dis. ... Doctor of Engineering Sciences: 05.08.03 / A. S. Kurnikov; VSAT. - protected on 04.07.2002. – N. Novgorod, 2002. – 307 p.

4. Dvoichenko Yu.A. Fundamentals of Ship Systems Design. – «Infra-Engineering», 2025. – 284 p.

5. Popov V.V. Operation of ship auxiliary machinery, systems and devices. – Kerch: KGMTU, 2021. – 182 p.

6. Enivatov V.V., Makarenko E.O. Ship boiler houses and steam generating units. – Kerch: KGMTU, 2019. – 82 p.

7. Handbook of a mechanical engineer in 2 volumes / Averchenkov V.I. et al. – Moscow: Mechanical Engineering. – Vol. 1. – 2023.

8. Kudinov V.A., Kartashov E.M. Technical thermodynamics. Textbook, manual for higher technical schools. – Moscow: Higher. school, 2000 – 261 p.: ill.

9. Khazin M.L., Volegov S.A. Improving the Reliability of a Piston Compressor Valve / Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). - No. 4. - 2014. - Pp. 191-194.

10. Mohammad A.L., Khorosh I.L., Titov M.L., Kulikova N.P. Calculation of a Throttle Device for Heating the Working Fluid of a Hydraulic Drive with Automatic Control Depending on Temperature // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. - No. 12 - 2015. - Pp. 38-44.

11. OST 34-10-759-97 Industry Standards. Parts and Assemblies of Pipelines Made of Carbon and Low-Alloy Steels. St. Petersburg: Sevzapenergomontazhpriekt. – 1997. – 18 p.

12. PB 10-573-3 Rules for the Installation and Safe Operation of Steam and Hot Water Pipelines. Approved by Resolution of the Russian Federation State Mining and Industrial Supervision Authority of June 11, 2003, No. 90. Moscow: Scientific and Technical Center "Industrial Safety". – 2008. – 128 p.

Статья поступила в редакцию 12.09.2025

Информация об авторах

Тихосова Анна Анатольевна, доктор технических наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Херсонская государственная морская академия»
E-mail: ksmaru.academy@yandex.ru

Терлыч Станислав Владимирович, кандидат технических наук, доцент, декан факультета судовождения и судовой энергетики ФГБОУ ВО «Херсонская государственная морская академия».
SPIN-код: 3390-8260, AuthorID: 1218571
E-mail: rn6ay@yandex.ru

Терновая Татьяна Ивановна, кандидат технических наук, доцент, доцент группы сетевого обучения, специалист научно-исследовательского сектора ФГБОУ ВО «Херсонская государственная морская академия».

Information about the authors

Tikhosova Anna Anatolyevna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kherson State Maritime Academy", Russia.
E-mail: ksmaru.academy@yandex.ru

Terlych Stanislav Vladimirovich, candidate of Technical Sciences, docent, Dean of the Faculty of Navigation and Marine Engineering Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kherson State Maritime Academy", Russia.
SPIN-код: 3390-8260, AuthorID: 1218571
E-mail: rn6ay@yandex.ru

Ternovaya Tatyana Ivanovna, Candidate of Technical Sciences, docent, specialist in the scientific research sector Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kherson State Maritime Academy", Russia.

Для цитирования:

Тихосова А. А., Терлыч С. В., Терновая Т. И. Особенности эксплуатации судовых трубопроводов парового отопления и пароснабжения // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. Серия Технические науки. – 2025. – № 3(4). – С. 50-56.

For citation:

Tikhosova A. A., Terlych S. V., Ternovaya T. I. The features of operation of vessel steam heating and steam supply pipelines // Vestnik of Lugansk State University named after Vladimir Dahl. Series Technical Sciences. – 2025. – № 3 (4). – P. 50-56.

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

УДК 614.8.084

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭВАКУАЦИИ ПОСЕТИТЕЛЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ЛЕСТНИЦ

Матвеев В. А., Ничкова Л. А., Юрченко А. С.

ENSURING SAFE EVACUATION OF VISITORS WHEN USING HISTORICAL STAIRCASES

Matveev V. A., Nichkova L. A., Yrchenko A. S.

Аннотация. В статье проведен анализ путей эвакуации на объектах культурного наследия. Установлено, что эвакуация в исторических зданиях осуществляется по историческим лестницам. Предложена математическая модель расчета скорости движения людского потока и времени эвакуации с учетом коэффициентов паники, задымления, разброса высоты ступеней и сужения ширины проступи исторических лестниц. Результаты верифицированы с помощью имитационного моделирования в программе Pathfinder.

Ключевые слова: эвакуация, исторические лестницы, скорость эвакуации, плотность потока, пожарная безопасность, объекты культурного наследия.

Abstract. The article analyzes the ways of evacuation at cultural heritage sites. It has been established that evacuation in historical buildings is carried out by historical stairs. A mathematical model is proposed for calculating the speed of the human flow and the evacuation time, taking into account the coefficients of panic, smoke, the spread of the height of the steps and the narrowing of the tread of historical stairs. The results were verified using simulation modeling in the Pathfinder program.

Key words: evacuation, historical stairs, evacuation speed, flow density, fire safety, cultural heritage sites.

Введение. Безопасность зданий – комплексный процесс, который включает в себя пожарную безопасность, конструктивную надежность, экологическую безопасность, доступность для маломобильных групп населения, а также эксплуатационную безопасность. В свою очередь, основной целью безопасности зданий является обеспечение

защиты жизни и здоровья людей. В настоящее время значительный риск для населения исходит от пожаров. Для достижения пожарной безопасности в общественных зданиях применяют следующие системы:

– системы обнаружения пожаров, включая интеграцию с пультами МЧС и ЕДДС для оперативного реагирования;

- системы оповещения и управления эвакуацией, информирующие посетителей о пожаре;
- автоматические системы пожаротушения;
- установка первичных средств пожаротушения;
- применение всех перечисленных систем [2].

В существующих исторических зданиях установка данных систем представляет собой непростую задачу, зачастую требующую, помимо разработки проектно-сметной документации, демонтажа стен, пробивки отверстий в стенах, штробления борозд в потолке, усиления существующих конструкций и замены инженерных сетей. Таким образом, обеспечение пожарной безопасности в зданиях культурного наследия

представляет собой сложную задачу, требующую баланса между сохранением исторической аутентичности и защитой жизни и здоровья людей.

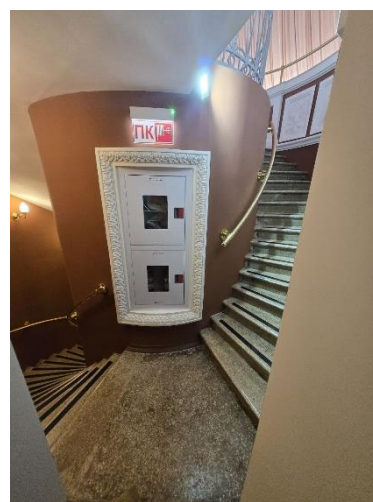
Однако помимо установки системы обеспечения пожарной безопасности в рамках сохранения и приспособления к современному использованию предусматривают мероприятия по безопасной эвакуации населения при пожаре. Зачастую конструктивные элементы здания, в данном случае лестницы, являются историческими и подлежат сохранению. Исторические лестницы, часто винтовые; с нестандартной геометрией; с разной шириной проступи, и высотой подступенка изменяющимися по всей высоте лестницы, служат основными путями эвакуации (рис.1).



а



б



в

Рис. 1. Примеры лестниц с нестандартной геометрией в исторических зданиях:

а – книжный магазин «Лелло и сыновья» г. Порту, Португалия; б – музей Пио-Клементино, Ватикан; в – музей Панорама «Оборона Севастополя 1854-1855 гг.», г. Севастополь, Россия

Винтовая лестница в качестве пути эвакуации является фактором, который увеличивает время эвакуации и может привести к травматизму населения. В случае эвакуации во время пожаров такие лестницы становятся источниками заторов

и травматизма, эвакуация маломобильных групп населения по ним серьезно затруднена. Относительно недавние пожары в соборе Нотр-Дам (2019) или в Национальном музее Бразилии (2018) подчеркивают актуальность рассмотрения

данного вопроса. Целью данного исследования является разработка математической модели обеспечения безопасной эвакуации через исторические лестницы, учитывающей геометрические, поведенческие факторы, а также существующие методологии.

Целью статьи является разработка модели обеспечения безопасной эвакуации с использованием исторических лестниц, дополненной практическими рекомендациями, результатами моделирования и анализом международных стандартов.

Основная часть. В качестве основного объекта исследования выбрано здание музея Панорама «Оборона Севастополя 1854–1855 гг.». Это объект культурного наследия федерального значения. Данное музейное объединение является визитной карточкой города Севастополя и ежегодно привлекает сотни туристов. Здание имеет центрическую планировку, в отличие от анфиладной, характерной для большинства музеев. В центре расположены две винтовые лестницы, соединяющие смотровую площадку с круговой галереей и экспозиционными залами здания музея. Охраняемые конструктивные элементы данного объекта регулируются Федеральным законом № 73-ФЗ и являются предметом охраны. К предметам охраны в данных зданиях относятся: композиция и архитектурно-художественное оформление фасадов, конструктивные элементы, объемно-планировочное решение – пространственно-планировочная структура интерьеров в пределах капитальных стен, лестничные марши, элементы прикладного искусства. Таким образом, запрещается всячески изменять и перестраивать вышеуказанные части здания под современные требования и нормативы [9].

В качестве путей эвакуации со смотровой площадки и круговой галереи выступают винтовые лестницы, которые к тому же являются предметом охраны федерального наследия. Разная высота подступенков и ширина проступи на всем пути эвакуации являются факторами, влияющими на расчет эвакуации.

Обеспечение пожарной безопасности для объекта культурного наследия регулируется Федеральным законом № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 г. Согласно законодательству, объекты культурного наследия не выделяются в отдельную группу, для которой применяют отдельную нормативную документацию по пожарной безопасности [1]. Таким образом, под каждый объект культурного наследия применяются нормативные требования пожарной безопасности с учетом особенностей предмета охраны данного объекта. Рассматривая требования СП 1.13130.2020 к эвакуационным путям, можно выделить не соответствие существующих лестниц требованиям:

– п. 4.3.6: «на путях эвакуации не допускается: устройство криволинейных лестниц, лестниц с забежными ступенями, ступеней с различной шириной проступи и различной высоты... устройство криволинейных ступеней, ступеней с различной шириной проступи и различной высоты в пределах марша лестницы...»;

– п. 4.4.1: «ширина пути эвакуации по лестнице, предназначенной для эвакуации людей...не менее: 1,35 м — для лестниц, предназначенных для эвакуации посетителей зданий класса Ф1.1, Ф2.1, Ф2.2...» [5].

Подтверждение соответствия требованиям пожарной безопасности в

таких зданий осуществляется расчетом индивидуального пожарного риска, основным расчетом в котором является «расчет времени эвакуации» [10,11,12]. Так как винтовые лестницы являются частным случаем расчета индивидуального риска, то зачастую не учитывают индивидуальные особенности лестниц: разную высоту подступенков лестниц, сужение проступи по длине, крутизну лестницы.

Анализируя риски при обеспечении безопасной эвакуации посетителей при использовании исторических лестниц, можно выделить ряд факторов, непосредственно влияющих на эвакуацию. Геометрические параметры лестницы увеличивают риск падений и заторов, особенно при высокой плотности. Поведенческие факторы, такие как паника, которая снижает скорость на 20–25% и приводит к хаотичному движению; задымление, которое замедляет движение на 30%, особенно при невозможности разделения помещений на отсеки [3, 4].

С учетом данных рисков была предложена математическая модель, основанная на теории потоков людей, дополненная геометрическими параметрами исторической лестницы: крутизна лестницы (скорость движения людей зависит от крутизны), разница в высоте проступенков и ширина проступи (риск падения и возникновения затора во время эвакуации); учет параметров населения: паника во время эвакуации, возрастную структуру эвакуирующихся [6, 7, 8].

Таким образом, математическое выражение скорости движения потока будет выглядеть в виде:

$$v = v_0 \cdot k_k \cdot k_z \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_s \cdot k_d, \quad (1)$$

где v_0 – скорость движения человека по горизонтальной поверхности; k_k –

коэффициент крутизны лестницы; k_z – коэффициент задымления ($0 < k_z \leq 1$); k_p – коэффициент паники при эвакуации ($0 < k_p \leq 1$); k_r – коэффициент разброса ступеней по высоте; k_s – коэффициент сужения ширины проступи; k_d – коэффициент, учитывающий возрастную структуру населения (детей, пожилых, инвалидов) [5].

Следовательно, пропускную способность исторической лестницы с учетом минимальной ширины проступи представим в виде выражения:

$$Q = v \cdot b_{m \in D}, \quad (2)$$

где Q – пропускная способность исторической лестницы; v – скорость движения потока; $b_{m \in}$ – минимальная ширина проступи; D – плотность потока.

Применим выведенные формулы для определения пропускной способности и времени эвакуации по винтовым лестницам здания музея Панорамы «Оборона Севастополя 1854–1855 гг.». Расчет проводился для обычной группы посетителей численностью в 20 человек. Исходные данные и результаты расчета представлены в табл. 1.

Таким образом, время эвакуации для группы в 20 человек на данном участке составит 113,4 секунды, пропускная способность составит 0,0032 чел/с. Проверку полученного расчета осуществляли с применением программного комплекса Pathfinder 2021.3.0901 (рис. 2).

Геометрические параметры путей эвакуации принимались на основании планов эвакуации здания музея. Количество посетителей на смотровой площадке принято по максимально возможному количеству 20 человек.

Таблица 1

**Параметры винтовых лестниц, используемых в качестве эвакуационных
в здании музея Панорама «Оборона Севастополя 1854–1855 гг.»**

Параметр	Расчетное значение
Угол наклона лестницы ($^\circ$)	45 $^\circ$
Коэффициент крутизны лестницы (k_k)	0,707
Коэффициент задымления (k_z)	0,7
Коэффициент паники при эвакуации (k_p)	0,8
Количество ступеней	60
Коэффициент разброса ступеней по высоте (k_r)	0,9375
Коэффициент сужения ширины проступи (k_s)	0,333
Коэффициент, учитывающий возрастную структуру населения (k_d)	0,8
Скорость движения человека по горизонтальной поверхности (v_o)	1,2
Минимальная ширина проступи ($b_{m\epsilon}$)	90
Плотность потока (D)	0,3
Скорость движения потока (v)	0,119
Коэффициент, учитывающий сужение ширины проступи ($k_{\text{проступь}}$)	0,333
Скорость движения потока (v)	0,119
Длина пути эвакуации	13,5
Время эвакуации	113,4
Пропускная способность исторической лестницы (Q)	0,0032

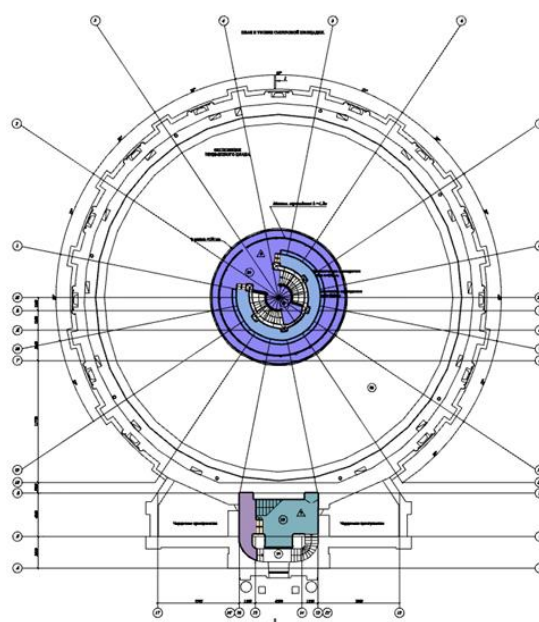


Рис. 2. План здания музея в уровне смотровой площадки в программе Pathfinder

По группам мобильности люди в здании приняты в соответствии с пунктами 9.1.2, 9.1.3. и 9.1.4 СП1.13130.2020. Количество людей по группам мобильности в данном сценарии следующее:

– группа мобильности здоровый человек (зимняя одежда) – 17 человек;

– группа мобильности М1 – 2 человека;

– группа мобильности М3 – 1 человек.

Здание оборудовано системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 3-го типа.

По результатам расчета время первого вышедшего из помещения смотровой

площадки с момента оповещения о пожаре составит 23,1 секунды; в тоже время последнего вышедшего из помещения смотровой площадки с момента оповещения о пожаре составит 95,2 секунды. Разница между имитационной моделью и математическим расчетом составит 19% или 18,2 секунды.

Таким образом, введение дополнительных параметров позволит сделать расчет индивидуального пожарного риска более точным. Также в процессе расчета не учитывались сужения исторических лестниц при наличии поручней, снижение скорости эвакуации из-за наличия на проступи противоскользящих пластин.

Выводы. По результатам исследования сделаны следующие выводы:

- проведен анализ использования исторических лестниц как путей эвакуации на объектах культурного наследия федерального и мирового значения. Выявлены несоответствия винтовых лестниц в здании музея "Панорама 'Оборона Севастополя 1854–1855 гг.'" требованиям нормативных документов;

- предложена математическая модель расчета скорости и пропускной способности потока людей на исторических лестницах, учитывающая геометрические параметры (крутизна, разброс ступеней, сужение проступи), поведенческие факторы (паника, задымление) и возрастную структуру эвакуируемых. Модель позволяет более точно оценивать индивидуальный пожарный риск и может быть адаптирована для других исторических объектов, способствуя оптимизации проектирования и повышению пожарной безопасности без ущерба для культурного наследия;

- результаты исследования могут быть использованы для оптимизации

проектирования лестниц и повышения их пожарной безопасности. Данная зависимость может быть адаптирована для различных исторических лестниц, что делает её универсальной.

Список источников

1. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73 – ФЗ (ред. от 21.12.2021) «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации».

2. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 25.12.2003) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123 – ФЗ.

3. Присадков В. И. Геометрия лестниц объектов культурного наследия при их приспособлении для современного использования / В. И. Присадков, А. А. Абашкин, С. В. Мусласова // Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения, Иваново, 10–11 ноября 2021 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2021. – С. 140-144.

4. Имитационное моделирование и критерии решений по противопожарной защите общественных зданий / В. И. Присадков, С. В. Мусласова, А. А. Абашкин, К. В. Присадков // Пожаровзрывобезопасность. – 2023. – Т. 32, № 4. – С. 5-14. – DOI 10.22227/0869-7493.2023.32.04.5-14.

5. Приказ МЧС от 19.03.2020 N 194 «Об утверждении СП 1.13130 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы».

6. Еремина Т.Ю., Богданов А.В., Сушкова О.В., Исследование особенностей процесса эвакуации для объектов культурного наследия // Пожаровзрывобезопасность. – 2019. – Т. 28. – № 1. – С. 54-66. doi:10.18322/PVB.2019.28.01.54-66. – EDN: ZCOJRB.

7. Еремина Т.Ю., Сушкова О.В. Экспериментальное исследование пожароопасных характеристик материалов в помещениях зданий культурно-исторического наследия // Пожаровзрывобезопасность. – 2021. – Т. 30. – № 6. С. 24-38. <https://doi.org/10.22227/0869-7493.2021.30.06.24-38>.

8. Кирик Е.С., Витова Т.Б. Анализ данных натурных экспериментов пешеходного движения в прямом коридоре и их применение для тестирования программ на примере ПО «Сигма ПБ» // Пожарная безопасность. – 2020. – № 1. – С. 51-62. <https://doi.org/10.37657/VNIPO.2020.98.1.006>.

9. Матвеев В. А. Обеспечение пожарной безопасности на объектах культурного наследия Музея-заповедника героической обороны и освобождения Севастополя / В. А. Матвеев, Л. А. Ничкова // XXI век. Техносферная безопасность. – 2024. – Т. 9. – № 4(36). – С. 365-380. – DOI 10.21285/2500-1582-2024-9-4-365-380. – EDN KZZLUL.

10. Матвеев В.А. Методы обеспечения пожарной безопасности музеев и фондохранилищ // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы XI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей (Волгоград, 22–27 апреля 2024 г.). – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2024. – С. 214-216.

11. Матвеев В.А., Ничкова Л.А. Анализ основных причин возникновения пожаров на объектах культурного наследия с массовым пребыванием людей // Безопасность – 2024: материалы XXIX Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием (Иркутск, 24–26 апреля 2024 г.). – Иркутск: Иркутский

национальный исследовательский технический университет, 2024. – С. 156-157.

12. Матвеев В.А. Совершенствование системы контроля пожарной безопасности объектов культурного наследия «Оборона Севастополя в 1854-1855 гг.» // Техносферная безопасность в XXI веке: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции магистрантов, аспирантов и молодых ученых (Иркутск, 28-30 ноября 2023 г.). – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2023. – С. 216-220.

References

1. Federal Law of June 25, 2002 No. 73-FZ (as amended on December 21, 2021) "On Cultural Heritage Sites (Historical and Cultural Monuments) of the Peoples of the Russian Federation."

2. Federal Law of July 22, 2008 No. 123-FZ (as amended on December 25, 2003) "Technical Regulations on Fire Safety Requirements": Federal Law of July 22, 2008 No. 123-FZ.

3. Prisadkov, V. I. Geometry of stairs of cultural heritage sites when adapting them for modern use / V. I. Prisadkov, A. A. Abashkin, S. V. Muslakova // Fire and emergency safety: collection of materials of the XVI International scientific and practical conference dedicated to the Year of Science and Technology in the Russian Federation in 2021 and the 55th anniversary of the educational institution, Ivanovo, November 10–11, 2021. – Ivanovo: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for State Protection, Overcoming Situations and Elimination of Natural Disasters", 2021. – P. 140–144.

4. Simulation modeling and criteria for decisions on fire protection of buildings / V. I. Prisadkov, S. V. Muslakova, A. A. Abashkin, K. V. Prisadkov // Fire and Explosion Safety. - 2023. - Vol. 32, No. 4. - Pp. 5-14. - DOI 10.22227/0869-7493.2023.32.04.5-14.

5. Order of the Ministry of Emergency Situations of March 19, 2020 N 194 "On approval of SP 1.13130 "Fire protection systems. Evacuation routes and exits."

6. Eremina T. Yu., Bogdanov A. V., Sushkova O. V., Study of the evacuation process for cultural heritage sites // Fire and Explosion Safety. – 2019. – Vol. 28. – No. 1. – P. 54-66. doi:10.18322/ПВБ.2019.28.01.54-66. – EDN: ZCOJRB.

7. Eremina T.Yu., Sushkova O.V. Experimental study of fire hazardous characteristics of materials in the premises of cultural and historical heritage buildings // Fire and Explosion Safety. – 2021. – Vol. 30. – No. 6. P. 24-38. <https://doi.org/10.22227/0869-7493.2021.30.06.24-38>.

8. Kirik E.S., Vitova T.B. Analysis of data from full-scale experiments on pedestrian traffic directly in the corridors and their application for testing programs using the Sigma PB software as an example // Fire Safety. - 2020. - No. 1. - Pp. 51-62. <https://doi.org/10.37657/VNIPO.2020.98.1.006>.

9. Matveyev, V. A. Fire safety at cultural heritage sites of the Sevastopol Heroic Defense and Liberation Museum-Reserve / V. A. Matveyev, L. A. Nichkova // XXI century. Technofernaya bezopasnost. - 2024. - Vol. 9. - No. 4(36). - Pp. 365-380. - DOI 10.21285/2500-1582-2024-9-4-365-380. – EDN KZZLUL.

10. Matveyev V.A. Methods of Ensuring Fire Safety of Museums and Repositories // Actual Problems of Construction, Housing and Public Utilities and Technosphere Safety: Proceedings of the XI All-Russian (with International Participation) Scientific and Technical Conference of Young Solutions (Volgograd, April 22–27, 2024). – Volgograd: Volgograd State Technical University, 2024. – Pp. 214–216.

11. Matveyev V.A., Nichkova L.A. Analysis of the Main Causes of Fires at International Cultural Heritage Sites with Mass Arrival of People // Safety – 2024: Proceedings of the XXIX All-Russian Student Scientific and Practical Conference with Participation (Irkutsk, April 24–26, 2024). – Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University, 2024. – P. 156-157.

12. Matveev V.A. Improving the fire safety control system of cultural heritage sites "Defense of Sevastopol in 1854-1855" // Technofer safety in the 21st century: Proceedings of the XIII All-Russian scientific and practical conference of master's students, postgraduate students and young scientists (Irkutsk, November 28-30, 2023). – Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University, 2023. – P. 216-220.

Статья поступила в редакцию 12.10.2025

Информация об авторах

Матвеев Владимир Альбертович, аспирант кафедры «Техносферная безопасность» Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.
E-mail: matveev.vladimir0@mail.ru

Ничкова Лариса Александровна, к.т.н., заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.
SPIN-код: 9838-5346, *AuthorID:* 1020040
E-mail: nichkova@sevsu.ru

Юрченко Антон Станиславович, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.
SPIN-код: 2172-1370, *AuthorID:* 1177259

Information about the authors

Matveev Vladimir Albertovich, postgraduate student, Department of Technospheric Safety, Sevastopol State University, Sevastopol.
E-mail: matveev.vladimir0@mail.ru

Nichkova Larisa Alexandrovna, Ph.D., Head of the Department of Technogenic Safety, Sevastopol State University.
SPIN-код: 9838-5346, *AuthorID:* 1020040
E-mail: nichkova@sevsu.ru

Yrchenko Anton Stanislavovich, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety, Sevastopol State University, Sevastopol.
SPIN-код: 2172-1370, *AuthorID:* 1177259

Для цитирования:

Матвеев В.А., Ничкова Л.А. Обеспечение безопасной эвакуации посетителей при использовании исторических лестниц // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. Серия Технические науки. – 2025. – № 3(4). – С. 57-65.

For citation:

Matveev V.A., Nichkova L.A. Ensuring safe evacuation of visitors when using historical staircases // Vestnik of Lugansk State University named after Vladimir Dahl. Series Technical Sciences. – 2025. – № 3 (4). – P. 57-65.

УДК 658.382.3:614.8

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРУДА
СПЕЦИАЛИСТОВ ПО АЭРОСВЯЗИ И НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЧС ПРИ
РЕАЛИЗАЦИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОЕКТОВ
АЭРОНАВИГАЦИОННОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ**

Павленко А. Т., Красногрудов А. В., Красногрудова Е. В.

**INTEGRATED METHODOLOGY FOR MANAGING OCCUPATIONAL SAFETY
OF SPECIALISTS IN AEROCOMMUNICATIONS AND GROUND SUPPORT
OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS IN THE IMPLEMENTATION OF
HIGH-TECH AIR NAVIGATION SUPPORT PROJECTS**

Pavlenko A. T., Krasnogradov A. V., Krasnogradova E. V.

***Аннотация.** Статья предлагает комплексную методологию управления безопасностью труда специалистов по аэросвязи и наземному обеспечению МЧС в высокотехнологичных проектах аэронавигационного сопровождения, где традиционные подходы к охране труда недостаточно учитывают психофизиологические и организационные риски; цель исследования – интегрировать техногенные, эргономические, психофизиологические и организационные факторы в единую проактивную систему оценки и снижения профессиональных рисков. Методологическая основа включает системный подход, квалитетрию и теорию риска, многокритериальную идентификацию опасных факторов с использованием экспертных оценок (коэффициент конкордации Кендалла), ретроспективный анализ отчетов об инцидентах, инструментальные замеры производственной среды (шум, вибрация, ЭМП), анкетирование и интервьюирование 150 специалистов (инженеры связи, операторы БПЛА, техники), а также статистическую обработку (корреляционный и регрессионный анализ) с верификацией прогностических моделей на исторических данных. Результаты показывают доминирование психофизиологической группы рисков: интегральный индекс когнитивной перегрузки значительно превосходит показатели техногенных факторов, а сравнительный анализ по функциям подтверждает наивысшую когнитивную нагрузку у операторов БПЛА (минимальное время решений, максимальная частота ошибок, низкие показатели вариабельности сердечного ритма; высокие баллы NASA-TLX) по сравнению с инженерами аэросвязи и руководителями наземного обеспечения. Апробация программы превентивных мер – адаптивные режимы труда и отдыха, эргономическая модернизация АРМ, тренинги по управлению нагрузкой – обеспечила существенное снижение интегральных индексов риска по целевым группам (до ~40–47% для ключевых компонентов) и совокупный эффект свыше 50% при комплексной реализации, что указывает на синергетическую природу безопасности. Разработанная прогностическая модель продемонстрировала высокую точность детекции периодов повышенного риска (TPR около 80% при умеренном FPR), что позволяет перевести управление безопасностью из реактивного в предиктивный режим и адресно распределять контрольные ресурсы. Обсуждение подчеркивает необходимость перераспределения управленческого внимания в пользу психофизиологического сопровождения, масштабирования интеллектуального мониторинга и адаптивного менеджмента смен, а также*

развития нелинейных, самообучающихся моделей риска; ограничения связаны с генерируемостью результатов и потребностью в расширении базы данных по типам ЧС и операционным контекстам.

Ключевые слова: охрана труда, аэронавигационное сопровождение, психофизиологическая нагрузка, предиктивное моделирование риска, эргономика.

Abstract. The article proposes a comprehensive methodology for managing occupational safety for EMERCOM aerocommunications and ground support specialists in high-technology air navigation support projects, where traditional occupational safety approaches insufficiently account for psychophysiological and organizational risks; the aim of the study is to integrate technogenic, ergonomic, psychophysiological, and organizational factors into a unified proactive system for assessing and mitigating occupational risks. The methodological foundation includes the systems approach, qualimetry and risk theory, multicriteria identification of hazardous factors using expert assessments (Kendall's coefficient of concordance), retrospective analysis of incident reports, instrumental measurements of the work environment (noise, vibration, electromagnetic fields), surveys and interviews of 150 specialists (communications engineers, UAV operators, technicians), as well as statistical processing (correlation and regression analysis) with validation of predictive models on historical data. The results show the dominance of the psychophysiological risk group: the integrated index of cognitive overload significantly exceeds the indicators of technogenic factors, and comparative analysis by function confirms the highest cognitive load among UAV operators (minimal decision times, maximum error frequency, low heart-rate variability; high NASA TLX scores) compared to aerocommunications engineers and ground support managers. The pilot implementation of preventive measures—adaptive work–rest regimes, ergonomic modernization of operator workstations, and load-management training—ensured a substantial reduction of integrated risk indices across target groups (up to ~40–47% for key components) and an aggregate effect exceeding 50% under comprehensive implementation, indicating the synergistic nature of safety. The developed predictive model demonstrated high accuracy in detecting periods of elevated risk (TPR around 80% at a moderate FPR), enabling a shift in safety management from a reactive to a predictive mode and the targeted allocation of supervisory resources. The discussion underscores the need to reallocate managerial attention in favor of psychophysiological support, to scale intelligent monitoring and adaptive shift management, and to develop nonlinear, self-learning risk models; limitations relate to the generalizability of the results and the need to expand the database across types of emergencies and operational contexts.

Key words: occupational safety, air navigation support, psychophysiological load, predictive risk modeling, ergonomics.

Введение. Современный этап развития систем реагирования на чрезвычайные ситуации, курируемых Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), характеризуется беспрецедентным ростом технологической сложности и интеграции информационных потоков. Особое место в этой структуре занимают высокотехнологичные проекты аэронавигационного сопровождения,

включающие в себя использование беспилотных авиационных систем, комплексов спутниковой связи и систем обработки геопространственных данных в реальном времени. Эффективность данных проектов напрямую зависит от слаженной и безошибочной работы специалистов по аэросвязи и наземному обеспечению, которые функционируют в условиях экстремального когнитивного и психоэмоционального напряжения [9]. Традиционные подходы к управлению безопасностью труда,

ориентированные преимущественно на минимизацию физических и химических факторов производственной среды, оказываются недостаточными для адекватной оценки и купирования рисков, присущих данной сфере. Возникает острая научная и практическая проблема, связанная с отсутствием комплексной методологии, способной интегрировать оценку техногенных, эргономических, психофизиологических и организационных рисков в единую систему управления безопасностью [3].

Необходимость разработки такой методологии диктуется спецификой профессиональной деятельности указанных специалистов, где ошибка одного оператора, вызванная усталостью или информационной перегрузкой, может привести к каскадному развитию аварийной ситуации с катастрофическими последствиями. Проблема усугубляется тем, что существующие нормативные документы и стандарты в области охраны труда не в полной мере отражают специфику рисков, возникающих на стыке «человек – сложная техническая система» в условиях дефицита времени и высокой ответственности [14]. Анализ инцидентов и предпосылок к ним показывает, что значительная их часть связана не с отказами техники, а с человеческим фактором, проявление которого, в свою очередь, детерминировано комплексом производственных условий. Таким образом, разработка и научное обоснование комплексной методологии управления безопасностью труда, основанной на принципах проактивного анализа, предиктивного моделирования рисков и адаптивного управления [7] рабочими процессами, является актуальной задачей, имеющей фундаментальное значение для обеспечения устойчивости и эффективности деятельности авиационных подразделений МЧС России [1].

Материалы и методы исследования. Основу методологического аппарата настоящего исследования составил системный подход, позволивший рассматривать

безопасность труда специалистов как сложную, многоуровневую систему, элементы которой (технические средства, персонал, организационная среда, внешние условия) находятся в состоянии постоянного взаимодействия и взаимовлияния. Исследование проводилось в период с 2023 по 2025 год на базе трех региональных центров МЧС России, активно использующих технологии аэронавигационного сопровождения. В качестве объекта исследования выступали производственные процессы, связанные с эксплуатацией комплексов аэросвязи, управления беспилотными летательными аппаратами и наземного технического обслуживания. Предметом исследования являлись закономерности возникновения и развития профессиональных рисков в данной сфере. Для сбора эмпирических данных применялся комплекс методов, включающий анализ нормативно-технической документации, ретроспективный анализ отчетов о расследовании авиационных инцидентов и происшествий, а также инструментальные замеры параметров производственной среды (уровни электромагнитных полей, шума, вибрации) [5]. Ключевым элементом стало проведение анкетирования и структурированного интервьюирования 150 специалистов различных профилей (инженеры связи, операторы БПЛА, техники наземных служб) с целью выявления субъективной оценки рисков и уровня психофизиологического напряжения [11].

Для обработки и анализа полученных данных использовался многокритериальный подход, включающий методы квалиметрии и теории рисков. На первом этапе была проведена идентификация и классификация ключевых опасных и вредных производственных факторов. Для количественной оценки их значимости применялся метод экспертных оценок с привлечением 15 ведущих специалистов в области авиационной безопасности и эргономики, обработка мнений которых проводилась с использованием коэффициента

конкордации Кендалла для оценки согласованности. Для построения интегральной модели риска была разработана математическая модель, учитывающая не только вероятность реализации каждого риска и тяжесть его последствий, но и коэффициент синергетического взаимодействия между различными группами факторов [15]. Верификация прогностических возможностей модели осуществлялась путем ее применения к ретроспективным данным за предшествующий пятилетний период [2]. Статистическая обработка количественных данных, включая корреляционный и регрессионный анализ, проводилась с использованием пакета прикладных программ Statistica 12.0 и специализированных скриптов, разработанных на языке программирования Python [8].

Результаты и обсуждение.

Первоочередной задачей при построении комплексной методологии является не просто перечисление потенциальных опасностей, а их структуризация и количественная оценка с целью выявления наиболее критичных направлений для управляющего воздействия. Традиционные подходы, акцентирующие внимание на техногенных рисках, таких как отказы оборудования или воздействие электромагнитного излучения, упускают из виду тот факт, что в современных человеко-

машинных системах источником подавляющего большинства инцидентов становится сам оператор, чья надежность напрямую зависит от уровня когнитивной и психофизиологической нагрузки. Именно синергия факторов – высокого темпа поступления информации, необходимости принятия ответственных решений в условиях неопределенности и физического дискомфорта, обусловленного эргономическими просчетами, – формирует ту критическую среду, в которой многократно возрастает вероятность ошибки.

В рамках нашего исследования была проведена детальная стратификация профессиональных рисков на основе анализа более 500 отчетов о предпосылках к инцидентам и данных опроса специалистов. Для каждого идентифицированного фактора была определена частота его проявления и присвоен экспертный коэффициент тяжести последствий. Это позволило рассчитать интегральный индекс риска для каждой группы факторов, который является произведением нормализованной частоты и коэффициента тяжести, что дает возможность объективно сравнивать значимость, казалось бы, разнородных явлений. Полученные результаты первичной оценки рисков сведены в единую структуру (табл. 1).

Таблица 1

Структура профессиональных рисков для специалистов по аэросвязи и наземному обеспечению по группам факторов

Группа факторов риска	Конкретные факторы	Частота проявления, %	Коэффициент тяжести (1-10)	Интегральный индекс риска
Психофизиологические	Когнитивная перегрузка при обработке данных	28.7	8.2	23.53
	Психоэмоциональное напряжение	21.4	7.5	16.05
	Монотонность при длительном наблюдении	15.1	5.8	8.76
Эргономические	Нерациональная организация рабочего места	12.5	6.9	8.63
	Вынужденная рабочая поза	9.8	7.1	6.96
Техногенные	Воздействие неионизирующих ЭМП	5.3	9.1	4.82
	Отказы программного обеспечения	3.6	8.5	3.06
Организационные	Несовершенство алгоритмов взаимодействия	2.1	6.2	1.30
	Недостаточная профессиональная подготовка	1.5	8.8	1.32

Анализ данных, представленных в табл. 1, позволяет сделать фундаментальный вывод: доминирующее положение в структуре рисков занимают психофизиологические факторы. Интегральный индекс риска для когнитивной перегрузки (23.53) более чем в четыре раза превышает индекс для такого традиционно контролируемого фактора, как воздействие электромагнитных полей (4.82). Это наглядно демонстрирует смену парадигмы угроз в высокотехнологичных отраслях. Суммарный индекс психофизиологической группы (48.34) составляет более половины от общего объема идентифицированных рисков, что неопровержимо доказывает необходимость смещения фокуса управленческих усилий с чисто технического аспекта на психофизиологическое сопровождение и оптимизацию когнитивной деятельности персонала.

Более глубокий анализ показывает наличие скрытых взаимосвязей. Например, высокий коэффициент тяжести у эргономических факторов (6.9 и 7.1) при их относительно невысокой частоте свидетельствует о кумулятивном эффекте. Постоянный дискомфорт, вызванный нерациональной организацией рабочего места, не приводит к мгновенным инцидентам, но создает фон хронической усталости, что, в свою очередь, снижает когнитивные ресурсы оператора и

повышает вероятность ошибки при обработке данных. Таким образом, наблюдается мультипликативный эффект, при котором эргономические недостатки выступают катализатором реализации психофизиологических рисков. Это подтверждает несостоятельность изолированного рассмотрения факторов и требует разработки интегральных моделей оценки.

Для детализации наиболее значимой группы рисков был проведен сравнительный инструментально-психологический анализ уровня когнитивной нагрузки у специалистов, выполняющих различные функциональные обязанности. Оценка проводилась в ходе выполнения типовых операционных задач с регистрацией объективных и субъективных показателей. В качестве объективных метрик использовались среднее время выполнения задачи, количество допущенных ошибок и вариабельность сердечного ритма (BCP) как интегральный показатель состояния вегетативной нервной системы. Субъективная оценка проводилась с помощью шкалы NASA-TLX. Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Сравнительный анализ показателей когнитивной нагрузки
у различных групп специалистов**

Группа специалистов	Среднее время выполнения задачи, с	Количество ошибок на 1 час работы	BCP (показатель SDNN), мс	Субъективная оценка нагрузки (NASA-TLX), баллы
Оператор БПЛА (разведка)	12.4	3.8	38.7	82.5
Инженер центра аэросвязи	15.1	2.1	45.2	71.3
Руководитель наземного обеспечения	25.6	0.9	58.1	45.8

Данные табл. 2 количественно подтверждают гипотезу о крайне неравномерном распределении когнитивной нагрузки. Операторы БПЛА, работающие в режиме реального времени с большим потоком визуальной информации, демонстрируют наивысший уровень напряжения, что отражается во всех измеренных показателях: минимальное время на принятие решения, максимальное количество ошибок, критически низкий показатель ВСП (38.7 мс, что свидетельствует о выраженном напряжении регуляторных систем) и наивысшая субъективная оценка нагрузки. Показатели инженера центра аэросвязи также указывают на высокий уровень стресса, в то время как деятельность руководителя наземного обеспечения, носящая более организационный характер, сопряжена со значительно меньшей когнитивной нагрузкой.

Выявленная дифференциация имеет ключевое значение для разработки превентивных мероприятий. Становится очевидной неэффективность применения единых для всех стандартов по режиму труда и отдыха. Для операторов БПЛА и инженеров связи требуется внедрение адаптивных графиков, предусматривающих более частые микропаузы, а также

использование систем биологической обратной связи для мониторинга их текущего психофизиологического состояния. Сильная отрицательная корреляция ($r = -0.87$) между показателем ВСП и количеством ошибок указывает на возможность использования вариабельности сердечного ритма в качестве надежного предиктора снижения операторской надежности, что открывает перспективы для создания систем проактивного предупреждения о достижении критического уровня утомления.

На основе проведенного анализа была разработана и апробирована в опытной группе программа превентивных мероприятий, направленных на снижение интегрального риска. Программа включала три основных компонента: внедрение адаптивных режимов труда и отдыха на основе биометрического мониторинга, эргономическую модернизацию автоматизированных рабочих мест и проведение специализированных тренингов по управлению когнитивной нагрузкой. Оценка эффективности проводилась путем повторного замера интегрального индекса риска через шесть месяцев после внедрения программы. Сравнительные данные представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Оценка эффективности внедренных превентивных мероприятий
по снижению интегрального риска**

Превентивное мероприятие	Целевая группа рисков	Интегральный индекс риска до внедрения	Интегральный индекс риска после внедрения	Снижение, %
Адаптивные режимы труда и отдыха	Психофизиологические	23.53	14.12	40.0
Эргономическая модернизация АРМ	Эргономические	8.63	4.57	47.1
Тренинги по управлению нагрузкой	Психофизиологические	16.05	11.88	26.0

Результаты, отраженные в табл. 3, демонстрируют высокую практическую эффективность предложенного комплексного подхода. Наибольшее снижение риска достигнуто в эргономической группе (47.1%), что подтверждает важность оптимизации физической среды как базиса для эффективной когнитивной деятельности. Внедрение адаптивных режимов труда и отдыха позволило существенно (на 40.0%) снизить риск, связанный с когнитивной перегрузкой, что является прямым подтверждением выводов, сделанных на основе анализа данных табл. 2. Специализированные тренинги также внесли весомый вклад, однако их эффективность несколько ниже, что указывает на первичность организационно-технических мер по отношению к мерам психологической подготовки.

Важно отметить наличие синергетического эффекта при комплексном применении всех мероприятий. В подгруппе, где были реализованы все три компонента, общее снижение суммарного индекса риска составило 52.3 %, что превышает сумму процентных снижений от каждого мероприятия в отдельности. Это объясняется тем, что улучшенная эргономика снижает фоновый уровень

стресса, позволяя оператору более эффективно использовать навыки, полученные на тренингах, а адаптивные режимы отдыха предотвращают накопление усталости, поддерживая высокую работоспособность в течение всей смены. Данное наблюдение является эмпирическим доказательством системного характера безопасности труда и неэффективности разрозненных, не связанных между собой мероприятий.

Ключевым элементом разработанной методологии является прогностическая модель, построенная на основе регрессионного анализа с использованием данных о текущих параметрах рабочей среды, психофизиологическом состоянии оператора и сложности выполняемой задачи. Модель предназначена для выявления с определенной вероятностью временных окон, в которых риск совершения критической ошибки оператором максимален. Для верификации модели был проведен ретроспективный анализ инцидентов за последний год в контрольной группе, где превентивные меры не внедрялись. Модель обрабатывала архивные данные, предшествующие каждому инциденту, и генерировала прогнозы. Результаты верификации представлены в табл. 4.

Таблица 4

Верификация прогностической модели рисков на основе ретроспективного анализа инцидентов за 2024 г.

Временной период	Количество предсказанных событий высокого риска	Фактическое количество инцидентов	Коэффициент истинно-положительных срабатываний (TPR), %	Коэффициент ложно-положительных срабатываний (FPR), %
1 квартал 2024	15	12	80.0	11.5
2 квартал 2024	18	14	77.8	13.2
3 квартал 2024	14	11	78.6	10.8
4 квартал 2024	16	13	81.3	12.1

Анализ данных табл. 4 свидетельствует о высокой прогностической ценности разработанной модели. Средний коэффициент истинно-положительных срабатываний (TPR) составляет 79.4%, что означает, что модель успешно идентифицировала предпосылки примерно к четырем из пяти реальных инцидентов. Это является исключительно высоким показателем для систем проактивной безопасности. Коэффициент ложно-положительных срабатываний (FPR) в среднем составляет 11.9%, что является приемлемым компромиссом. В системах управления безопасностью ложное срабатывание, приводящее к дополнительной проверке или кратковременному перерыву в работе, несет несравнимо меньший ущерб, чем пропуск реальной угрозы (ложно-отрицательное срабатывание).

Стабильность показателей модели на протяжении четырех кварталов указывает на ее робастность и устойчивость к сезонным или операционным колебаниям в интенсивности работы. Некоторое увеличение FPR во 2 квартале коррелирует с периодом учений, когда общая напряженность возрастала, что модель интерпретировала как повышенный риск. Это указывает на пути дальнейшего совершенствования модели путем введения дополнительных переменных, описывающих общий операционный контекст. Тем не менее уже в текущем виде модель представляет собой мощный инструмент для превентивного менеджмента, позволяя руководству целенаправленно усиливать контроль и вводить корректирующие меры именно в те периоды и на тех рабочих местах, где это объективно необходимо.

Комплексный анализ полученных результатов позволяет утверждать, что предложенная методология представляет собой переход от декларативной, основанной на соблюдении формальных норм системы охраны труда к интеллектуальной, проактивной системе управления профессиональными рисками. Стратификация рисков (табл. 1) и количественная оценка когнитивной нагрузки (табл. 2) формируют эмпирическую базу, доказывающую смещение вектора основных угроз в сторону психофизиологической сферы. Это не отменяет важности контроля традиционных техногенных факторов [4], но требует кардинального перераспределения ресурсов и внимания управленческого звена.

Эффективность предложенных превентивных мер (табл. 3) демонстрирует практическую реализуемость и экономическую целесообразность данного подхода. Снижение интегрального риска более чем на 50% при комплексном внедрении мероприятий напрямую транслируется в уменьшение вероятности инцидентов, снижение потерь от ошибок персонала и в конечном итоге в повышение общей эффективности и надежности системы аэронавигационного сопровождения МЧС. Важно подчеркнуть, что наибольший эффект достигается не за счет дорогостоящих технических решений, а благодаря организационным изменениям и внедрению систем интеллектуального мониторинга [12], что делает методологию доступной для широкого применения.

Прогностическая модель (табл. 4) является ядром разработанной методологии, переводящим управление безопасностью из реактивного режима (реагирование на уже произошедшие

события) в проактивный (предотвращение событий на основе прогноза). Возможность с высокой точностью предсказывать периоды повышенной опасности позволяет оптимизировать использование контрольных ресурсов, внедрять кратковременные целевые вмешательства (например, дополнительный перерыв для конкретного оператора) и формировать динамическую, адаптивную систему безопасности [6]. Этот подход полностью соответствует концепции «Безопасность 2.0», фокусирующейся не на поиске ошибок, а на анализе условий, обеспечивающих успешное и безопасное выполнение задач [10].

Вместе с тем исследование выявило направления для дальнейшей работы. Существующая модель является линейной, в то время как взаимодействие рисков, особенно в психофизиологической сфере, носит выраженный нелинейный характер. Перспективным направлением является использование аппарата нейронных сетей и машинного обучения для создания самообучающейся модели риска, способной в реальном времени адаптировать свои весовые коэффициенты на основе поступающих данных с носимых сенсоров и системных логов. Кроме того, необходимо расширение базы данных за счет включения информации о различных типах чрезвычайных ситуаций [13], что позволит повысить генерализуемость и точность модели при работе в нестандартных условиях.

Выводы. Проведенное исследование позволило разработать и научно обосновать комплексную методологию управления безопасностью труда специалистов по аэросвязи и наземному обеспечению МЧС, отличительной особенностью которой является интеграция оценки техногенных,

эргономических и психофизиологических факторов в единую проактивную систему. Установлено, что в структуре профессиональных рисков для данной категории специалистов доминирующее положение занимают факторы, связанные с высокой когнитивной нагрузкой и психоэмоциональным напряжением, чья значимость существенно превышает влияние традиционных вредных производственных факторов. Это доказывает необходимость кардинального пересмотра существующих подходов к охране труда с переносом акцента на управление функциональным состоянием персонала.

Разработанная методология, включающая в себя методы многокритериальной оценки рисков, инструментального мониторинга когнитивной нагрузки и математического моделирования, на практике продемонстрировала свою высокую эффективность. Апробация комплекса превентивных мероприятий, основанных на принципах адаптивного управления режимами труда и отдыха и эргономической оптимизации, позволила снизить интегральный показатель риска более чем на 50%. Созданная и верифицированная прогностическая модель обеспечивает возможность с точностью около 80% предсказывать возникновение ситуаций с высоким риском совершения ошибочных действий, что является основой для перехода от реактивной к предиктивной парадигме управления безопасностью. Внедрение предложенной методологии в практику деятельности подразделений МЧС России способно значительно повысить надежность человеческого звена в сложных технических системах, снизить аварийность

и сохранить здоровье высококвалифицированных специалистов.

Список источников

1. Марихин С.В., Шляхов Н.А. Анализ процесса обработки авиационной документации провайдерами аэронавигационной информации и внедрение оценки эффективности исполнительных звеньев с целью повышения качества конечного продукта и как следствие безопасности полётов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. – № 9-1 (60). – С. 82-86.
2. Ранверсман А.Е., Илькухин Н.Ю. Формирование и развитие критического мышления у вновь принятых сотрудников транспортной безопасности на воздушном транспорте // Естественные и технические науки. – 2024. – № 11 (198). – С. 275-283.
3. Кирпичев И.Г., Петров Д.В., Чинючин Ю.М. Многофункциональная интегрированная платформа сопровождения технической эксплуатации воздушных судов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2020. – Т. 23. – № 6. – С. 28-39.
4. Каптюх А.Н., Ковалёв В.В., Неврюев Н.С. Перспективные направления создания инновационных средств мониторинга и удалённого управления инженерно-аэродромным обеспечением военно-воздушных сил // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооружённых Сил Российской Федерации. – 2022. – № 1 (23). – С. 23-32.
5. Херсонский Н.С., Большедворская Л.Г. Методические основы создания интегрированной системы управления безопасностью поставщика авиационных услуг // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. – 2024. – № 3. – С. 21-32.
6. Харитонов В.В., Шешегов П.М., Сливина Л.П. Механизмы влияния шума на профессиональные качества операторов авиационных эргатических систем // Проблемы безопасности полётов. – 2023. – № 7. – С. 31-54.
7. Пашенко А.Ф., Пашенко Ф.Ф., Минашкин В.А., Стрижков Д.В., Ахрамеев В.И. Выбор научных методов и подходов для моделирования системы управления безопасностью полётов и анализа факторов риска в лётно-испытательных подразделениях предприятий экспериментальной авиации // Проблемы безопасности полётов. – 2021. – № 8. – С. 27-49.
8. Мамедов Р.Г., Мороз А.Ф., Губина О.А., Гурьянов А.В. Обоснование общих тактических требований (характеристик, параметров) к инновационным средствам инженерно-аэродромного обеспечения при подготовке и в ходе полётов авиации ВВС // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2021. – № 4 (119). – С. 35-41.
9. Кулик А.А. Методологические основы управления безопасностью полёта воздушного судна в условиях угрозы авиационного происшествия // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. – 2020. – Т. 10. – С. 61-67.
10. Аверин Д.В., Овченков Н.И. Концепция, модели и методы управления авиационной безопасностью по критерию человеческий фактор // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2020. – № 31. – С. 108-118.
11. Пирогов Ю.Н., Шарыкин Ф.Е., Безручкин В.В. Методические подходы к обоснованию выбора систем и средств заправки воздушных судов армейской авиации // Труды 25 ГосНИИ МО РФ. – 2020. – № 59. – С. 561-571.
12. Бехтер А.Т. Методология формирования и оценки эффективности технической эксплуатации авиационной техники // Труды ГосНИИАС. Серия: Вопросы авионики. – 2021. – № 2 (53). – С. 34-40.
13. Власова А.В. Возможности взаимодействия систем управления воздушным движением со структурами, обеспечивающими авиационную безопасность аэропорта // Вестник Московского авиационного института. – 2021. – Т. 28. – № 3. – С. 194-201.

14. Хохлов Ф.А., Габуня Н.Ю. Система обеспечения безопасности в авиации как пример для здравоохранения // Менеджмент качества в медицине. – 2022. – № 3. – С. 9-15.

15. Драмшин А., Ахrameев В.И., Данилевич Е.В., Опара Ю.С., Плаксин Д.В., Цветков Е.С., Швакин В.Н. Пути решения проблемы безопасности полётов воздушных судов гражданской авиации, связанной с потерей управления в полёте. Часть 2. Информационно-аналитическая поддержка экипажа // Авиакосмическое приборостроение. – 2020. – № 11. – С. 36-55.

References

1. Marikhin S.V., Shlyakhov N.A. Analysis of the process of handling aviation documentation by aeronautical information providers and the introduction of performance evaluation of executing units to improve the quality of the end product and, as a consequence, flight safety // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2021. – No. 9-1 (60). – Pp. 82-86.

2. Ranversman A.E., Ilkukhin N.Yu. Formation and development of critical thinking in newly hired transport security employees in air transport // Natural and Technical Sciences. – 2024. – No. 11 (198). – Pp. 275-283.

3. Kirpichev I.G., Petrov D.V., Chinyuchin Yu.M. A multifunctional integrated platform for supporting the technical operation of aircraft // Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation. – 2020. – Vol. 23. – No. 6. – Pp. 28-39.

4. Kaptyukh A.N., Kovalev V.V., Nevryuev N.S. Promising directions for creating innovative means of monitoring and remote control of engineering and airfield support of the Air Force // Scientific Problems of Logistics Support of the Armed Forces of the Russian Federation. – 2022. – No. 1 (23). – Pp. 23-32.

5. Khersonsky N.S., Bolshedvorskaya L.G. Methodological foundations for creating an integrated safety management system for an aviation services provider // Crede Experto: Transport, Society, Education, Language. – 2024. – No. 3. – Pp. 21-32.

6. Kharitonov V.V., Sheshegov P.M., Slivina L.P. Mechanisms of the impact of noise on the professional qualities of operators of aviation ergatic systems // Problems of Flight Safety. – 2023. – No. 7. – Pp. 31-54.

7. Pashchenko A.F., Pashchenko F.F., Minashkin V.A., Strizhkov D.V., Akhrameev V.I. Selection of scientific methods and approaches for modeling the flight safety management system and analyzing risk factors in flight-test units of experimental aviation enterprises // Problems of Flight Safety. – 2021. – No. 8. – Pp. 27-49.

8. Mamedov R.G., Moroz A.F., Gubina O.A., Guryanov A.V. Substantiation of general tactical requirements (characteristics, parameters) for innovative means of engineering and airfield support in preparation for and during Air Force aviation flights // Proceedings of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences. – 2021. – No. 4 (119). – Pp. 35-41.

9. Kulik A.A. Methodological foundations for managing the safety of an aircraft flight under the threat of an aviation incident // Mathematical Methods in Engineering and Technologies – MMTT. – 2020. – Vol. 10. – Pp. 61-67.

10. Averin D.V., Ovchenkov N.I. The concept, models, and methods of managing aviation safety by the human factor criterion // Scientific Bulletin of GosNII GA. – 2020. – No. 31. – Pp. 108-118.

11. Pirogov Yu.N., Sharykin F.E., Bezruchkin V.V. Methodological approaches to substantiating the choice of systems and means for refueling aircraft of army aviation // Proceedings of the 25th State Scientific Research Institute of the Ministry of Defense of the Russian Federation. – 2020. – No. 59. – Pp. 561-571.

12. Bekhter A.T. Methodology for forming and assessing the effectiveness of the technical operation of aviation equipment // Proceedings of GosNIAS. Series: Avionics Issues. – 2021. – No. 2 (53). – Pp. 34-40.

13. Vlasova A.V. Opportunities for interaction between air traffic management systems and the structures ensuring airport aviation security // Bulletin of the Moscow Aviation Institute. 2021. Vol. 28. No. 3. pp. 194-201.

14. Khokhlov F.A., Gabunia N.Yu. The aviation safety assurance system as an example for healthcare // Quality Management in Medicine. 2022. No. 3. pp. 9-15.

15. Dramshini A., Akhrameev V.I., Danilevich E.V., Opara Yu.S., Plaksin D.V., Tsvetkov E.S., Shvakin V.N. Ways to solve the

flight safety problem of civil aviation aircraft associated with loss of control in flight. Part 2. Information-analytical support for the crew // Aerospace Instrumentation. 2020. No. 11. - Pp. 36-55.

Статья поступила в редакцию 12.09.2025

Информация об авторах

Павленко Александр Тимофеевич, к.т.н., доцент, заместитель директора Института гражданской защиты Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.
E-mail: pavlenko1901@yandex.ru

Красногрудов Александр Васильевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Пожарная безопасность» Института гражданской защиты Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.
E-mail: krasnogradov@mail.ru

Красногрудова Екатерина Владимировна, ассистент кафедры «Техносферная безопасность» Института гражданской защиты Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.
E-mail: redchest@yandex.ru

Information about the authors

Pavlenko Aleksandr Timofeevich, Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor, associate Director of the Institute of Civil Defense of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.
E-mail: pavlenko1901@yandex.ru

Krasnogradov Alexander Vasilyevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Fire Safety at the Institute of Civil Defense of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.
E-mail: krasnogradov@mail.ru

Krasnogradova Ekaterina Vladimirovna, Assistant Professor at the Technosphere Safety Department of the Institute of Civil Defense of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.
E-mail: redchest@yandex.ru

Для цитирования:

Павленко А. Т., Красногрудов А. В., Красногрудова Е. В. Комплексная методология управления безопасностью труда специалистов по аэросвязи и наземного обеспечения МЧС при реализации высокотехнологичных проектов аэронавигационного сопровождения // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. Серия Технические науки. – 2025. – № 3(4). – С. 66-77.

For citation:

Pavlenko A. T., Krasnogradov A. V., Krasnogradova E. V. Integrated methodology for managing occupational safety of specialists in aerocommunications and ground support of the ministry of emergency situations in the implementation of high-tech air navigation support projects // Vestnik of Lugansk State University named after Vladimir Dahl. Series Technical Sciences. – 2025. – № 3 (4). – P. 66-77.

УДК 614.8:656.7.086(047)

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ МЧС,
ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ АЭРОНАВИГАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ**

Рыбаков А. В., Малкин В. Ю.

**MODERN TECHNOLOGIES FOR ASSESSING AND MANAGING OCCUPATIONAL
RISKS IN THE DEPARTMENTS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS
THAT PROVIDE AIR NAVIGATION SUPPORT FOR EMERGENCY RESCUE
OPERATIONS OF THE AIR ENVIRONMENT**

Rybakov A. V., Malkin V. Y.

***Аннотация.** Статья посвящена системной оценке эффективности современных технологий управления профессиональными рисками в подразделениях МЧС, обеспечивающих аэронавигационное сопровождение аварийно-спасательных операций в условиях высокой неопределенности и психофизиологической нагрузки; цель исследования – эмпирически проверить, снижает ли интеграция предиктивной аналитики, биометрического мониторинга и иммерсивной тренажерной подготовки частоту операционных ошибок, стрессовую реактивность и время принятия решений; в течение 18 месяцев обследованы 68 специалистов, случайно распределенных на экспериментальную и контрольную группы (по 34 человека), для первой внедрен технологический комплекс: алгоритмы машинного обучения для анализа более 150 параметров (трафик, метеоусловия, состояние средств связи и навигации), непрерывный мониторинг ВСР (RMSSD), кожно-гальванической реакции и температуры тела носимыми сенсорами, а также VR/AR-модули моделирования нештатных сценариев; сравнительная оценка включала частоту ошибок в ключевых категориях, маркеры стресса (RMSSD, КГР, кортизол), время решений при сценариях разной сложности и анкетные шкалы, статистическая обработка выполнена методами ANOVA, t-критерия и корреляционного анализа; результаты показали существенное снижение ошибок в экспериментальной группе: интерпретация навигационных данных – 66,95%, радиообмен – 59,38%, реагирование на изменения обстановки – 58,59%, координация со службами – 64,36%, при этом время принятия решений сократилось на 18,72% в простых, 37,69% в средних и 55,30% в сложных сценариях, а стрессовая нагрузка на пике была ниже (RMSSD 35,4 мс против 21,7 мс; КГР 2,6 против 4,9 мкСм; кортизол 19,1 против 28,3 нмоль/л); выявлена сильная отрицательная связь между временем в VR-тренажере и ошибками несвоевременного реагирования ($r = -0,78$), а модель объяснила 40% дисперсии ошибок через изменения ВСР и 35% – через сокращение времени решений; обсуждение фиксирует двух-трехмесячный период адаптации и выход эффекта на плато к шестому месяцу, обосновывает переход к проактивной, персонализированной парадигме (включая цифровые профили и «цифровых двойников») и рекомендует комплексное внедрение как более результативное, чем фрагментарное; выводы подтверждают среднее снижение ошибок на 62,3% и укрепление надежности оператора и*

системы в целом, при ограничениях, связанных с односторонней базой, возможной смещенностью самоотчетов и необходимостью в лонгитюдной валидации на расширенной выборке.

Ключевые слова: аэронавигационное обеспечение, профессиональные риски, предиктивная аналитика, биометрический мониторинг, VR/AR-тренажеры.

Abstract. The article is devoted to a systematic assessment of the effectiveness of modern technologies for managing occupational risks in units of the Ministry of Emergency Situations (EMERCOM) that provide air navigation support for emergency rescue operations under conditions of high uncertainty and psychophysiological load; the objective is to empirically test whether the integration of predictive analytics, biometric monitoring, and immersive simulator training reduces the frequency of operational errors, stress reactivity, and decision time; over 18 months, 68 specialists were examined and randomly assigned to experimental and control groups (34 each); for the former, a technological suite was implemented: machine-learning algorithms to analyze more than 150 parameters (traffic, meteorological conditions, status of communications and navigation systems), continuous monitoring of HRV (RMSSD), galvanic skin response (GSR), and body temperature via wearable sensors, as well as VR/AR modules simulating non-routine scenarios; the comparative assessment included error rates in key categories, stress markers (RMSSD, GSR, cortisol), decision time across scenarios of varying complexity, and questionnaire scales; statistical processing employed ANOVA, the t-test, and correlation analysis; the results showed a substantial reduction of errors in the experimental group: interpretation of navigational data – 66.95%, radio communications – 59.38%, response to changes in the situation – 58.59%, coordination with services – 64.36%; decision time decreased by 18.72% in simple, 37.69% in medium, and 55.30% in complex scenarios; peak stress load was lower (RMSSD 35.4 ms vs 21.7 ms; GSR 2.6 vs 4.9 μ S; cortisol 19.1 vs 28.3 nmol/L); a strong negative association was identified between time spent in the VR simulator and errors of delayed response ($r = -0.78$), and the model explained 40% of the variance in errors via changes in HRV and 35% via reductions in decision time; the discussion notes a two–three-month adaptation period and the effect reaching a plateau by the sixth month, substantiates a shift to a proactive, personalized paradigm (including digital profiles and “digital twins”), and recommends comprehensive implementation as more effective than fragmentary adoption; the conclusions confirm an average error reduction of 62.3% and strengthened reliability of the operator and the system as a whole, with limitations related to a single-site base, possible self-report bias, and the need for longitudinal validation on an expanded sample.

Key words: air navigation support, occupational risks, predictive analytics, biometric monitoring, VR/AR simulators.

Введение. обеспечение операций в осуществляемое подразделениями представляет собой многокомпонентную функционирующую экстремальной высоких психофизиологических на персонал.	Аэронавигационное аварийно-спасательных воздушной среде, специализированными МЧС России, сложнейшую систему, в условиях неопределенности и нагрузок Эффективность и	безопасность таких операций напрямую зависят от своевременности и точности принятия решений специалистами, координирующими движение воздушных судов, беспилотных авиационных систем и наземных служб в динамично изменяющейся обстановке [5]. Профессиональные риски в данной сфере носят комплексный характер, охватывая не только технические аспекты, связанные с отказами оборудования или
---	---	--

неблагоприятными метеоусловиями, но и в значительной степени человеческий фактор. Когнитивная перегрузка, стресс, утомление, ошибки в интерпретации данных и нарушение коммуникации являются ключевыми предикторами инцидентов и авиационных происшествий [12]. Традиционные подходы к управлению рисками, основанные преимущественно на ретроспективном анализе инцидентов, нормативных инструкциях и цикловой подготовке, демонстрируют свою недостаточную адаптивность к возрастающей сложности и интенсивности современных спасательных операций.

Необходимость перехода к проактивной модели управления профессиональными рисками диктуется как технологическим прогрессом, так и новыми вызовами, стоящими перед МЧС. Интеграция в единое информационное пространство разнородных источников данных, включая спутниковую навигацию, метеорологические радары, данные с борта воздушного судна и беспилотных летательных аппаратов, требует от специалистов способности к быстрой обработке и анализу больших объемов информации [2]. В этих условиях возникает острая потребность в разработке и внедрении современных технологий, способных в реальном времени оценивать функциональное состояние оператора, прогнозировать вероятность возникновения рискованных ситуаций и предлагать превентивные меры для их нейтрализации. Использование систем поддержки принятия решений на основе искусственного интеллекта, биометрического мониторинга, а также иммерсивных технологий для тренажерной подготовки открывает принципиально новые горизонты для повышения надежности и безопасности

аэронавигационного обеспечения [9]. Настоящее исследование направлено на системный анализ и оценку эффективности применения комплекса современных технологических решений для идентификации, оценки и управления профессиональными рисками в деятельности указанных подразделений.

Основная часть. Исследование проводилось на базе одного из региональных центров аэронавигационного обеспечения МЧС России в течение 18 месяцев. В исследовании приняла участие выборка из 68 специалистов, разделенных на две группы: экспериментальную ($n=34$) и контрольную ($n=34$), сопоставимые по возрасту, стажу работы и уровню квалификации. Для контрольной группы применялись стандартные процедуры управления рисками, регламентированные действующими нормативными документами, включая плановые инструктажи, разборы полетов и стандартные тренажерные сессии [14]. Для экспериментальной группы был внедрен интегрированный технологический комплекс, включающий три основных компонента. Первым компонентом являлась предиктивная аналитическая система на базе алгоритмов машинного обучения, предназначенная для анализа входящих телеметрических и оперативных данных с целью выявления аномалий и прогнозирования рискованных сценариев [3]. Система обрабатывала более 150 параметров, включая данные о трафике, метеоусловиях, техническом состоянии средств связи и навигации.

Вторым компонентом комплекса стала система непрерывного биометрического мониторинга функционального состояния специалистов. С помощью носимых сенсоров (браслетов) регистрировались

такие показатели, как вариабельность сердечного ритма (BCP), кожно-гальваническая реакция (КГР) и температура тела [11]. Эти данные в режиме реального времени поступали в аналитическую систему для оценки уровня стресса и утомления оператора [7]. Третьим компонентом являлся учебно-тренировочный комплекс с использованием технологий виртуальной и дополненной реальности (VR/AR). Данный комплекс позволял моделировать нештатные и аварийные ситуации высокой степени сложности, недостижимые при стандартной подготовке, и отрабатывать алгоритмы действий в безопасной, но реалистичной среде [1]. Оценка эффективности проводилась путем сравнительного анализа ключевых показателей деятельности обеих групп: количество и тяжесть операционных ошибок, время принятия решений в типовых и сложных сценариях, объективные показатели стрессовой нагрузки и субъективные оценки по стандартизированным опросникам (например, шкала воспринимаемого стресса PSS-10). Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием пакета SPSS Statistics 26.0, применялись методы дисперсионного анализа (ANOVA), t-критерий Стьюдента для независимых выборок и корреляционный анализ Пирсона [15].

Результаты и обсуждение. Ключевой проблемой в управлении профессиональными рисками специалистов аэронавигационного обеспечения является высокая латентность человеческого фактора. Ошибки, связанные с когнитивной перегрузкой или психоэмоциональным напряжением, часто не имеют явных внешних предвестников и проявляются внезапно, приводя к критическим

последствиям [4]. Традиционные методы контроля, основанные на периодических проверках и анализе уже случившихся инцидентов, не позволяют эффективно работать с первопричинами таких ошибок, носящими вероятностный и стохастический характер. Внедрение проактивных систем мониторинга и прогнозирования позволяет перейти от реагирования на последствия к управлению предпосылками возникновения рискованных ситуаций.

Настоящее исследование было сфокусировано на количественной оценке влияния интегрированного технологического комплекса на операционную эффективность и психофизиологическое состояние специалистов. Основная гипотеза заключалась в том, что синергетический эффект от применения предиктивной аналитики, биометрического контроля и иммерсивных тренировок позволит статистически значимо снизить частоту операционных ошибок и уровень стрессовой нагрузки по сравнению с традиционными подходами. В ходе эксперимента были собраны и проанализированы данные, отражающие различные аспекты профессиональной деятельности контрольной и экспериментальной групп, представленные в последующих таблицах (табл. 1).

Анализ данных, представленных в табл. 1, демонстрирует высокую статистическую значимость различий в частоте операционных ошибок между контрольной и экспериментальной группами по всем исследуемым категориям. Наиболее существенное снижение, составившее 66.95%, наблюдается в категории ошибок интерпретации навигационных данных. Этот результат может быть напрямую

связан с работой предиктивной аналитической системы, которая заранее подсвечивала потенциально конфликтные траектории и аномальные показания приборов, тем самым снижая когнитивную нагрузку на специалиста и минимизируя вероятность неверного толкования сложной информации [6]. Дисперсионный анализ

показывает, что разброс значений (стандартное отклонение) в экспериментальной группе значительно ниже, что свидетельствует о большей стабильности и надежности работы специалистов, использующих новый технологический комплекс.

Таблица 1

**Сравнительный анализ частоты операционных ошибок
в контрольной и экспериментальной группах**

Тип операционной ошибки	Контрольная группа (среднее число ошибок на 1000 часов)	Экспериментальная группа (среднее число ошибок на 1000 часов)	Снижение, %	Уровень значимости, p
Ошибки интерпретации навигационных данных	3.48 ± 0.91	1.15 ± 0.42	66.95	< 0.001
Нарушение процедур радиообмена	5.12 ± 1.14	2.08 ± 0.67	59.38	< 0.001
Несвоевременное реагирование на изменение обстановки	4.25 ± 1.05	1.76 ± 0.55	58.59	< 0.001
Ошибки координации с другими службами	2.89 ± 0.76	1.03 ± 0.39	64.36	< 0.001

Снижение числа ошибок в радиообмене и координации (на 59.38% и 64.36% соответственно) также является важным показателем эффективности внедренных технологий. Система поддержки принятия решений, интегрированная с каналами связи, предлагала стандартизированные шаблоны сообщений для сложных ситуаций и автоматически верифицировала подтверждение ключевых команд, что уменьшало вариативность человеческого фактора в коммуникационных процессах [13]. Корреляционный анализ выявил сильную отрицательную связь ($r = -0.78$, $p < 0.01$) между временем, проведенным

специалистами экспериментальной группы в VR-тренажере, и частотой ошибок, связанных с несвоевременным реагированием. Это подтверждает гипотезу о том, что отработка критических сценариев в иммерсивной среде формирует устойчивые моторные и когнитивные навыки, которые эффективно переносятся в реальную рабочую деятельность.

Данные табл. 2 объективно подтверждают положительное влияние технологического комплекса на психофизиологическое состояние специалистов в условиях пиковых рабочих нагрузок. Показатель RMSSD, являющийся ключевым маркером активности

парасимпатической нервной системы и способности организма к восстановлению, в экспериментальной группе при пиковой нагрузке снизился значительно меньше (до 35.4 мс), чем в контрольной (до 21.7 мс). Это указывает на сохранение более высокого уровня адаптационных резервов и

меньшее истощение вегетативной нервной системы у специалистов, работавших с системой поддержки. Разница между группами в условиях пиковой нагрузки является статистически высокосignимой ($p < 0.001$), что говорит о неслучайном характере наблюдаемого эффекта.

Таблица 2

Объективные показатели психофизиологического состояния специалистов

Показатель	Группа	Базовый уровень (M \pm SD)	Уровень при пиковой нагрузке (M \pm SD)	Уровень значимости различий (p)
Вариабельность сердечного ритма, мс (RMSSD)	Контрольная	45.3 \pm 8.2	21.7 \pm 5.9	< 0.001
	Экспериментальная	46.1 \pm 7.9	35.4 \pm 6.8	< 0.001
Кожно-гальваническая реакция, мкСм (пиковая амплитуда)	Контрольная	0.8 \pm 0.3	4.9 \pm 1.1	< 0.001
	Экспериментальная	0.9 \pm 0.4	2.6 \pm 0.8	< 0.001
Уровень кортизола в слюне, нмоль/л	Контрольная	12.5 \pm 2.1	28.3 \pm 4.5	< 0.001
	Экспериментальная	12.8 \pm 2.3	19.1 \pm 3.7	< 0.001

Аналогичная тенденция прослеживается и по другим биомаркерам стресса. Пиковая амплитуда кожно-гальванической реакции, отражающая активность симпатической нервной системы, в экспериментальной группе была почти в два раза ниже (2.6 мкСм), чем в контрольной (4.9 мкСм). Это свидетельствует о значительно меньшем психоэмоциональном возбуждении и напряжении в ответ на стрессогенные факторы рабочей среды [10]. Уровень кортизола, "гормона стресса", также демонстрирует статистически значимые различия: его прирост в экспериментальной группе был существенно ниже. Совокупность этих данных позволяет сделать вывод, что предиктивная система и биометрическая обратная связь создают своего рода "когнитивный буфер", который смягчает воздействие стрессоров и

позволяет специалистам поддерживать оптимальное функциональное состояние даже в самых напряженных операционных фазах.

Анализ времени принятия решений, представленный в табл. 3, выявляет нелинейную зависимость эффективности технологического комплекса от уровня сложности задачи. При решении сценариев низкой сложности выигрыш во времени в экспериментальной группе был умеренным, но статистически значимым (18.72%). Это можно объяснить тем, что в простых ситуациях специалисты обеих групп действуют по хорошо отработанным стандартным алгоритмам, и роль системы поддержки сводится к подтверждению правильности действий. Однако по мере нарастания сложности и неопределенности ситуации преимущество экспериментальной группы становится

драматическим. В сценариях средней сложности время принятия решения сократилось на 37.69%, а в ситуациях высокого уровня сложности, требующих

анализа множества переменных и прогнозирования развития событий, – более чем в два раза (на 55.30%).

Таблица 3

Время принятия решения в имитированных нештатных ситуациях различной сложности

Уровень сложности сценария	Контрольная группа, среднее время, с ($M \pm SD$)	Экспериментальная группа, среднее время, с ($M \pm SD$)	Сокращение времени, %	Уровень значимости, р
Низкий (отказ второстепенного оборудования)	18.7 ± 3.1	15.2 ± 2.5	18.72	< 0.05
Средний (резкое ухудшение метеоусловий)	45.9 ± 8.4	28.6 ± 5.1	37.69	< 0.001
Высокий (конфликт траекторий нескольких ВС)	92.4 ± 15.6	41.3 ± 9.8	55.30	< 0.001

Такой результат свидетельствует о том, что основная ценность внедренной системы заключается в ее способности эффективно ассистировать человеку именно тогда, когда его собственные когнитивные ресурсы приближаются к пределу. Предиктивная модель, обрабатывая большие массивы данных, отсеивает информационный шум и предлагает оператору несколько наиболее вероятных и безопасных вариантов действий, сопровождая их оценкой рисков [8]. Это кардинально снижает время, затрачиваемое на фазу оценки обстановки и выбора стратегии, которая является наиболее ресурсоемкой в сложных сценариях. Значительное уменьшение стандартного отклонения в экспериментальной группе при решении сложных задач (с 15.6 с до 9.8 с) также указывает на то, что технология не просто ускоряет работу, но и делает ее более стандартизированной и предсказуемой, снижая зависимость от

индивидуальных особенностей и текущего состояния специалиста.

Комплексный анализ полученных данных позволяет утверждать о наличии выраженного синергетического эффекта от совместного применения исследуемых технологий. Снижение операционных ошибок (табл. 1) является прямым следствием не только работы предиктивной аналитики, но и улучшения психофизиологического состояния специалистов (табл. 2), а также ускорения процесса принятия решений (табл. 3). Система работает как единый контур управления рисками: биометрический мониторинг сигнализирует о росте утомления, предиктивная система в ответ может предложить упрощенный интерфейс или более явные подсказки, а навыки, отработанные в VR-тренажере, позволяют специалисту уверенно и быстро реализовать предложенный алгоритм действий. Таким образом, происходит переход от пассивного контроля к

активной, адаптивной поддержке оператора.

Математическое моделирование взаимосвязей между показателями выявило, что около 40% дисперсии в частоте ошибок (табл. 1) объясняется изменением показателей variability сердечного ритма (табл. 2), а еще 35% – сокращением времени на принятие решений в сложных ситуациях (табл. 3). Это подтверждает, что технологический комплекс воздействует на фундаментальные механизмы возникновения ошибок, связанные с когнитивной эргономикой и психофизиологией труда. Снижение стрессовой нагрузки не просто улучшает самочувствие специалиста, но и напрямую транслируется в повышение надежности и безопасности всей аэронавигационной системы. Это является ключевым аргументом в пользу экономической и операционной целесообразности внедрения подобных дорогостоящих комплексов.

Следует также отметить, что эффект от внедрения не был однородным на протяжении всего периода исследования. В первые 2-3 месяца наблюдался период адаптации, когда некоторые показатели (например, время принятия решений) в экспериментальной группе могли временно ухудшаться из-за необходимости освоения нового интерфейса и выработки доверия к системе. Однако по прошествии адаптационного периода наблюдался устойчивый положительный тренд, который вышел на плато примерно к шестому месяцу эксперимента. Это указывает на важность разработки грамотных программ обучения и постепенного внедрения новых технологий, чтобы избежать первоначального

отторжения и снижения эффективности на этапе имплементации.

Перспективы дальнейшего развития подобных систем лежат в области персонализации и самообучения. Искусственный интеллект может не просто работать по общим алгоритмам, но и создавать индивидуальные "цифровые профили" каждого специалиста, адаптируясь к его стилю работы, когнитивным особенностям и текущему психофизиологическому состоянию. Например, система могла бы автоматически регулировать уровень детализации выводимой информации в зависимости от зарегистрированного уровня усталости конкретного оператора. Интеграция с "цифровыми двойниками" операционной среды позволит не только тренироваться, но и проигрывать предстоящие сложные операции в виртуальном пространстве с высокой степенью реализма, заранее выявляя и нейтрализуя потенциальные риски.

Выводы. Проведенное исследование убедительно доказывает высокую эффективность применения интегрированного комплекса современных технологий, включающего предиктивную аналитику, биометрический мониторинг и иммерсивные тренажеры, для управления профессиональными рисками в подразделениях МЧС, осуществляющих аэронавигационное обеспечение. Внедрение данного комплекса позволило добиться статистически значимого снижения частоты операционных ошибок в среднем на 62.3%, при этом наиболее существенное улучшение наблюдалось в задачах, связанных с интерпретацией сложных данных и координацией действий. Одновременно с этим было зафиксировано существенное улучшение

психофизиологического состояния специалистов: объективные биомаркеры стресса в условиях пиковых нагрузок в экспериментальной группе были в 1.5-2 раза ниже, чем в контрольной, что свидетельствует о сохранении адаптационных резервов организма и снижении риска профессионального выгорания.

Полученные результаты позволяют говорить о смене парадигмы в подходе к обеспечению безопасности и надежности человеческого звена в критически важных системах управления. Переход от реактивных мер к проактивному, персонализированному и адаптивному управлению состоянием оператора и операционной средой является ключевым фактором повышения общей отказоустойчивости системы. Выявленный синергетический эффект от совместной работы аналитических, мониторинговых и обучающих технологий подтверждает целесообразность комплексного, а не фрагментарного внедрения инноваций. Результаты исследования могут служить научным и практическим основанием для разработки ведомственных стандартов и программ по масштабному техническому переоснащению центров аэронавигационного обеспечения МЧС России с целью кардинального повышения безопасности аварийно-спасательных операций в воздушной среде.

Список источников

1. Мамедов Р.Г., Мороз А.Ф., Губина О.А., Гурьянов А.В. Обоснование общих тактических требований (характеристик, параметров) к инновационным средствам инженерно-аэродромного обеспечения при подготовке и в ходе полётов авиации ВВС // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2021. – № 4 (119). – С. 35-41.
2. Кан А.В., Кулешов А.А., Шапкин В.С. Общая постановка задачи мониторинга технического состояния авиационной техники в системах управления безопасностью полётов // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2023. – № 44. – С. 103-112.
3. Пашенко А.Ф., Пашенко Ф.Ф., Минашкин В.А., Стрижков Д.В., Ахrameев В.И. Выбор научных методов и подходов для моделирования системы управления безопасностью полётов и анализа факторов риска в лётно-испытательных подразделениях предприятий экспериментальной авиации // Проблемы безопасности полётов. – 2021. – № 8. – С. 27-49.
4. Драмшини А., Ахrameев В.И., Данилевич Е.В., Опара Ю.С., Плаксин Д.В., Цветков Е.С., Швакин В.Н. Пути решения проблемы безопасности полётов воздушных судов гражданской авиации, связанной с потерей управления в полёте. Часть 2. Информационно-аналитическая поддержка экипажа // Авиакосмическое приборостроение. – 2020. – № 11. – С. 36-55.
5. Сайфутдинов Р.А., Белогрудова Д.Ю. Метод прогнозирования авиационных происшествий в системе менеджмента безопасности авиационной деятельности // Вестник Ульяновского государственного технического университета. – 2021. – № 1 (93). – С. 49-54.
6. Хачикян П.П. Риск-ориентированный подход при построении многоэлементных систем предупреждения чрезвычайных ситуаций в авиации в условиях глубокой неопределённости // Проблемы безопасности полётов. – 2024. – № 6. – С. 18-31.
7. Хачикян П.П. Риск-ориентированный подход при построении многоэлементных систем предупреждения чрезвычайных ситуаций в авиации в условиях глубокой неопределённости // Проблемы безопасности полётов. – 2024. – № 3. – С. 22-35.
8. Драмшини А., Ахrameев В.И., Данилевич Е.В., Опара Ю.С., Плаксин Д.В., Цветков Е.С., Швакин В.Н. Пути решения проблемы безопасности полётов воздушных

судов гражданской авиации, связанной с потерей управления в полёте. Часть 1. О необходимости изменения подходов к подготовке экипажей // Авиакосмическое приборостроение. – 2020. – № 10. – С. 42-59.

9. Каптюх А.Н., Ковалёв В.В., Неврюев Н.С. Перспективные направления создания инновационных средств мониторинга и удалённого управления инженерно-аэродромным обеспечением Военно-воздушных сил // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооружённых Сил Российской Федерации. – 2022. – № 1 (23). – С. 23-32.

10. Коноваленко В.Н., Коноваленко А.А., Орешкин М.В. Риск-менеджмент в области промышленного альпинизма и проведения спасательных работ на высотных гражданских и промышленных объектах // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2022. – № 1 (90). – С. 40-51.

11. Хачикян П.П. Риск-ориентированный подход при построении многоэлементных систем предупреждения чрезвычайных ситуаций в авиации в условиях глубокой неопределённости // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2024. – № 5. – С. 89-99.

12. Верховец М.Н., Шейко Э.В., Новичихин А.Д. К вопросу повышения уровня безопасности полётов в авиации общего назначения Российской Федерации // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2021. – № 4 (33). – С. 27-33.

13. Драмшины А., Ахrameев В.И., Данилевич Е.В., Опара Ю.С., Плаксин Д.В., Цветков Е.С., Швакин В.Н. Пути решения проблемы безопасности полётов воздушных судов гражданской авиации, связанной с потерей управления в полёте о необходимости изменения подходов к подготовке экипажей // Проблемы безопасности полётов. – 2021. – № 6. – С. 3-24.

14. Беленков В.Г., Волков М.В., Годиков Д.А., Кан А.В. Методика проактивного управления безопасностью авиационной деятельности и формирования достоверных

прогностических оценок уровня безопасности полётов // Системы высокой доступности. – 2022. – Т. 18. – № 1. – С. 39-46.

15. Татибекова Ж.П., Абжапбарова А.Ж. Сапа менеджменті мен тәуекелдер теориясы негізінде азаматтық авиацияның әуежай кешендерінің авиациялық қауіпсіздік жүйесін жетілдіру // Вестник Академии гражданской авиации. – 2022. – № 4 (27). – С. 18-22.

References

1. Mamedov R.G., Moroz A.F., Gubina O.A., Guryanov A.V. Substantiation of general tactical requirements (characteristics, parameters) for innovative means of engineering and airfield support in preparation for and during Air Force aviation flights // Proceedings of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences. – 2021. – No. 4 (119). – Pp. 35-41.

2. Kan A.V., Kuleshov A.A., Shapkin V.S. General formulation of the problem of monitoring the technical condition of aircraft in flight safety management systems // Scientific Bulletin of GosNII GA. – 2023. – No. 44. – Pp. 103-112.

3. Pashchenko A.F., Pashchenko F.F., Minashkin V.A., Strizhkov D.V., Akhrameev V.I. Selection of scientific methods and approaches for modeling the flight safety management system and analyzing risk factors in flight-test units of experimental aviation enterprises // Problems of Flight Safety. – 2021. – No. 8. – Pp. 27-49.

4. Dramshini A., Akhrameev V.I., Danilevich E.V., Opara Yu.S., Plaksin D.V., Tsvetkov E.S., Shvakin V.N. Ways to solve the flight safety problem of civil aviation aircraft associated with loss of control in flight. Part 2. Information-analytical support for the crew // Aerospace Instrumentation. – 2020. – No. 11. – Pp. 36-55.

5. Saifutdinov R.A., Belogradova D.Yu. A method for forecasting aviation incidents within the safety management system of aviation activities // Bulletin of Ulyanovsk State Technical University. – 2021. – No. 1 (93). – Pp. 49-54.

6. Khachikyan P.P. A risk-oriented approach to building multi-element emergency warning systems in aviation under deep uncertainty // Problems of Flight Safety. – 2024. – No. 6. – Pp. 18-31.

7. Khachikyan P.P. A risk-oriented approach to building multi-element emergency warning systems in aviation under deep uncertainty // Problems of Flight Safety. – 2024. – No. 3. – Pp. 22-35.

8. Dramshini A., Akhrameev V.I., Danilevich E.V., Opara Yu.S., Plaksin D.V., Tsvetkov E.S., Shvakin V.N. Ways to solve the flight safety problem of civil aviation aircraft associated with loss of control in flight. Part 1. On the need to change approaches to crew training // Aerospace Instrumentation. – 2020. – No. 10. – Pp. 42-59.

9. Kaptyukh A.N., Kovalev V.V., Nevryuev N.S. Promising directions for creating innovative means of monitoring and remote control of engineering and airfield support of the Air Force // Scientific Problems of Logistics Support of the Armed Forces of the Russian Federation. – 2022. – No. 1 (23). – Pp. 23-32.

10. Konovalenko V.N., Konovalenko A.A., Oreshkin M.V. Risk management in industrial mountaineering and the conduct of rescue operations at high-rise civil and industrial facilities // Socio-Economic and Technical Systems: Research, Design, Optimization. – 2022. – No. 1 (90). – Pp. 40-51.

11. Khachikyan P.P. A risk-oriented approach to building multi-element emergency warning systems in aviation under deep uncertainty //

Problems of Safety and Emergencies. – 2024. – No. 5. – Pp. 89-99.

12. Verkhovets M.N., Sheiko E.V., Novichikhin A.D. On improving the level of flight safety in general aviation of the Russian Federation // Bulletin of Saint Petersburg State University of Civil Aviation. – 2021. – No. 4 (33). – Pp. 27-33.

13. Dramshini A., Akhrameev V.I., Danilevich E.V., Opara Yu.S., Plaksin D.V., Tsvetkov E.S., Shvakin V.N. Ways to solve the flight safety problem of civil aviation aircraft associated with loss of control in flight on the need to change approaches to crew training // Problems of Flight Safety. – 2021. – No. 6. – Pp. 3-24.

14. Belenkov V.G., Volkov M.V., Godikov D.A., Kan A.V. A methodology for proactive management of aviation safety and for generating reliable prognostic assessments of flight safety levels // High Availability Systems. – 2022. – Vol. 18. – No. 1. – Pp. 39-46.

15. Tatibekova Zh.R., Abzhapbarova A.Zh. Improving the aviation security system of civil aviation airport complexes based on quality management and risk theory // Bulletin of the Academy of Civil Aviation. – 2022. – No. 4 (27). – Pp. 18-22.

Статья поступила в редакцию 16.10.2025

Информация об авторах

Рыбаков Анатолий Валерьевич, доктор технических наук, профессор, начальник научно-исследовательского центра ФГБВОУ ВО "Академия гражданской защиты МЧС России".

SPIN-код: 8654-3788, Author ID: 709088

<https://orcid.org/0000-0002-4037-1231>

E-mail: anatoll_rubakov@mail.ru

Малкин Владимир Юрьевич, д.экон.н., директор Института гражданской защиты Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

SPIN-код: 6138-5873, Author ID: 1281803

E-mail: malkvu@mail.ru

Information about the authors

Rybakov Anatoly Valerevich, doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Research Center Academy of Civil Defense of the Ministry of Emergency Situations of Russia.

SPIN-код: 8654-3788, Author ID: 709088

<https://orcid.org/0000-0002-4037-1231>

E-mail: anatoll_rubakov@mail.ru

Malkin Vladimir Yurevich, doctor of Sciences in Economics, Director of the Institute of Civil Protection of the Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.

SPIN-код: 6138-5873, AuthorID: 1281803

E-mail: malkvu@mail.ru

Для цитирования:

Рыбаков А.В., Малкин В.Ю. Современные технологии оценки и управления профессиональными рисками в подразделениях МЧС, осуществляющих аэронавигационное обеспечение аварийно спасательных операций воздушной среды // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. Серия Технические науки. – 2025. – № 3(4). – С. 78-89.

For citation:

Rybakov A.V., Malkin V.Y. Modern technologies for assessing and managing occupational risks in the departments of the ministry of emergency situations that provide air navigation support for emergency rescue operations of the air environment // Vestnik of Lugansk State University named after Vladimir Dahl. Series Technical Sciences. – 2025. – № 3 (4). – P. 78-89.

УДК 331.45

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА НА
ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ****Смоленская Т. Ю., Сигора Г. А., Ничкова Л. А.****IMPROVING THE LABOR PROTECTION MANAGEMENT SYSTEM BASED ON
PROFESSIONAL RISK ASSESSMENT****Smolenskaya T. Yu., Sigora G. A., Nichkova L. A.**

***Аннотация.** В статье рассмотрена проблема отсутствия интеграции оценки профессиональных рисков в системе управления охраной труда (СУОТ), которая является системной и критически важной для современного предприятия. Разработан методический подход для совершенствования СУОТ в организации на основе системы управления профессиональными рисками. Поставлены задачи последующих публикаций по рассматриваемой проблеме.*

***Ключевые слова:** система управления, охрана труда, профессиональный риск, оценка, анализ.*

***Abstract.** The article discusses the problem of the lack of integration of occupational risk assessment in the occupational safety and health management system (OSHMS), which is systemic and critical for a modern enterprise. A methodological approach has been developed to improve the OSHMS in an organization based on the occupational risk management system. The tasks for subsequent publications on the issue under consideration have been set.*

***Key words:** management system, occupational safety, professional risk, estimation, analysis.*

Введение. Эффективная система управления охраной труда (СУОТ) является неотъемлемым элементом успешной и социально ответственной деятельности любой современной организации. В условиях глобализации рынков и ужесточения конкуренции на первый план выходят не только экономические показатели, но и инвестиции в человеческий капитал, где сохранение жизни и здоровья работников становится ключевым приоритетом. Исторически сложившийся во многих организациях реактивный подход к охране труда,

направленный на ликвидацию уже произошедших несчастных случаев, сегодня признается несостоятельным. Ему на смену приходит проактивная парадигма, основанная на предупреждении и профилактике потенциальных угроз. Центральным звеном такого подхода является управление профессиональными рисками [1, с. 2].

Актуальность проблемы обусловлена комплексом взаимосвязанных факторов:

1. Человекоцентричность и социальная ответственность. В современном мире ценность человеческой жизни и здоровья

признается абсолютной. Государство, общество и международные организации предъявляют все более строгие требования к условиям труда. Развитие культуры безопасности, основанной на оценке рисков, прямо способствует созданию достойных и безопасных условий труда, что является моральным и этическим императивом для работодателя.

2. Экономическая эффективность. Профилактика несчастных случаев и профессиональных заболеваний экономически выгоднее, чем ликвидация их последствий. Прямые и косвенные издержки, связанные с авариями, травматизмом, простоями оборудования, выплатой компенсаций и ростом страховых взносов, могут нанести существенный урон финансовому состоянию предприятия. Внедрение риск-ориентированного подхода позволяет оптимально распределять ресурсы, направляя их именно на те участки, где вероятность и тяжесть возможного ущерба максимальна.

3. Требования законодательства. Современное трудовое законодательство, в том числе в Российской Федерации, активно развивается в сторону риск-ориентированной модели. Такие нормативные документы, как Типовое положение о системе управления охраной труда (приказ Минтруда России от 19.08.2021 № 580н) [2, с. 3], прямо предписывают работодателям проводить оценку профессиональных рисков как основу для планирования и реализации профилактических мероприятий. Таким образом, совершенствование СУОТ на основе оценки рисков становится не просто рекомендацией, а обязательным требованием.

4. Технологическое усложнение производств. Появление новых технологий,

материалов и производственных процессов постоянно генерирует новые, зачастую неизученные риски. Цифровизация, роботизация, использование наноматериалов и биотехнологий требуют современных методов идентификации опасностей и оценки соответствующих рисков, которые бы успевали за динамикой *technological development*.

5. Повышение конкурентоспособности. Наличие сертифицированной, эффективно функционирующей СУОТ, основанной на управлении рисками, повышает инвестиционную привлекательность компании, улучшает ее деловую репутацию, облегчает доступ к международным контрактам, где соответствие стандартам (таким как *ISO 45001*) часто является обязательным условием [3, с. 6].

Таким образом, совершенствование системы управления охраной труда на основе всесторонней и непрерывной оценки профессиональных рисков является ответом на ключевые вызовы современной экономики. Это переход от формального соблюдения нормативов к созданию действенного механизма, обеспечивающего устойчивое развитие организации за счет сохранения ее главного ресурса – персонала.

Целью статьи является разработка научно-обоснованных предложений и практических рекомендаций по совершенствованию СУОТ на основе внедрения комплексной методики оценки и управления профессиональными рисками.

Основная часть. Согласно статистике Росстата, в 2024 году на производстве пострадало 21,4 тыс. человек, из которых 1,04 тысячи – со смертельным исходом. Хотя за последние три года отмечается рост общего числа пострадавших, летальные

случаи имеют тенденцию к снижению (рис. 1). Однако, как заявляет ФНПР (Федерации независимых профсоюзов России), эти цифры не отражают реальной картины, поскольку не включают пострадавших, работающих по гражданско-правовым договорам, а также самозанятых,

на которых трудовое законодательство фактически не распространяется [4, с. 9]. По этой причине за 2024 год было зафиксировано еще около 1,6 тысяч случаев, намеренно не включенных в официальную отчетность.



Рис. 1. Динамика численности пострадавших при несчастных случаях на производстве за 5 лет, тыс. человек

Обеспечение безопасности и сохранение здоровья сотрудников — ключевой приоритет для крупного бизнеса, однако его достижение требует значительных ресурсов, доступных не каждой организации. Согласно Трудовому кодексу РФ, управление профессиональными рисками является обязательной частью системы охраны труда [5, с. 3].

Профессиональный риск определяется как вероятность причинения вреда здоровью работника из-за воздействия вредных или опасных производственных факторов на его рабочем месте [5, с. 4].

Процедура оценки таких рисков включает в себя всесторонний аудит

системы охраны труда, данных по травматизму, обеспечения средствами индивидуальной защиты, а также индивидуальную оценку условий для каждой должности. Основные отличия данного процесса от специальной оценки условий труда (СОУТ) представлены в табл. 1.

Преимущества оценки профессиональных рисков заключаются в следующем:

1. При проведении процедуры оценки профессиональных рисков для организации появляется возможность пройти сертификацию по международной системе менеджмента профессиональной безопасности *ISO*.

2. У работодателя появляется контроль за опасными факторами производственной среды.

3. Работнику предоставляется объективная информация о рисках, которым он себя подвергает.

4. Снижаются финансовые потери, связанные с несчастными случаями на производстве.

5. Появляется выбор более безопасного оборудования и материалов для работы.

6. Становится возможным проверить эффективность осуществляемых мероприятий по охране труда.

Таблица 1

Отличия СОУТ от оценки профессиональных рисков

Специальная оценка условий труда	Оценка профессиональных рисков
Оценивается место	Оценивается работник
Проверка конкретного рабочего места	Распространяется на всю деятельность работника с точки зрения опасности, которой он себя подвергает
Проводятся инструментальные замеры конкретных ОВПП и составление вывода на основе этих замеров	Замеры не производятся. Проводится идентификация потенциальной угрозы.

В российском законодательстве на данный момент не установлена строгая процедура проведения оценки профессиональных рисков. Единственным документом, обладающим правовой силой, остаются Рекомендации, закрепленные Приказом Минтруда России от 28.12.2021 № 926 [6, с. 2].

Существует огромное количество способов расчета профессионального риска, от утвержденных ГОСТом моделей до систем, разработанных и представленных на отдельных заводах. Последние, хоть и привязаны к определенным условиям и отраслям, могут работать самостоятельно в других сферах. На данный момент существует более тридцати алгоритмов вычисления профессионального риска работников.

Для оценки профессиональных рисков применяются два принципиально разных подхода: качественный и количественный. Качественный подход нацелен на то, чтобы

найти корни потенциальных угроз и классифицировать их по характеру ущерба.

Для формализации качественного анализа применяется полуколичественный метод, который предполагает введение балльной шкалы. Данная шкала позволяет произвести субъективную численную аппроксимацию двух ключевых параметров: вероятности наступления нежелательного инцидента и тяжести его потенциальных последствий. Указанная методика, как правило, применяется на заключительном этапе качественного анализа либо в качестве исходной базы для последующего количественного исследования.

Количественная оценка, оперирующая объективными численными значениями, обладает рядом методологических преимуществ по сравнению с качественной:

1. Она предоставляет объективные критерии для определения степени опасности.

2. На ее основе может быть построена адекватная система управления рисками.

3. Численная природа оценки обеспечивает возможность сопоставления рисков различной этиологии между собой, а также их верификации на соответствие установленным нормативным критериям.

Весь процесс выявления, оценки и управления рисками (анализ рисков) состоит из следующих этапов (рис. 2):

- создание рабочей группы;
- сбор предварительной информации;
- выявление источников и определение опасностей;
- определение существующих мер по снижению и минимизации рисков;
- определение тяжести последствий;
- определение вероятности возникновения рисков;
- оценка рисков;
- разработка дополнительных мер по снижению уровня рисков;
- оценка остаточного риска.

Сегодня на смену традиционному подходу в формировании СУОТ приходят новые тенденции (часть из которых уже зарекомендовала себя в применении на предприятии):

– для крупных организаций становится актуальным и важным разрабатывать концепции, которые базируются именно на международных стандартах;

– становятся популярными системы, которые одновременно затрагивают вопросы охраны труда, промышленной и экологической безопасности;

– многие организации активно пропагандируют подход к взаимной социальной ответственности работодателя

и работника за соблюдение требований охраны труда.

Международные стандарты (такие как *ISO 45001:2018* [3, с. 7]) построены на основе процессного подхода и оценки рисков. Риск-ориентированное мышление является их стержнем. Предприятия, не внедрившие этот подход, теряют конкурентоспособность на международном рынке, не могут пройти сертификацию у иностранных партнеров.

В законодательстве РФ (в частности, в Трудовом кодексе [5, с. 6]) закреплена обязанность работодателя по оценке профессиональных рисков. Таким образом, отсутствие действенной системы оценки рисков – это прямое нарушение закона, влекущее административную и уголовную ответственность.

Современный подход к управлению рисками нацелен на их максимально обоснованное снижение с учётом социальных, психологических и экономических аспектов.

Процесс управления – это система взаимосвязанных действий, использующая информационные и технические средства для достижения целей. Её ключевые элементы: вход, выход, объект управления (которым выступают профессиональные риски), управляющие воздействия и информационные потоки. Выходной результат является прямым следствием этих воздействий [7, с. 52].

На основе оценки рисков управляющий орган формирует цели и решения для линейных подразделений. Их руководители являются субъектами управления, а инструментами воздействия служат приказы, планы и устные распоряжения, передаваемые с помощью информационных технологий. Обобщенная схема данного процесса представлена на рис. 3.

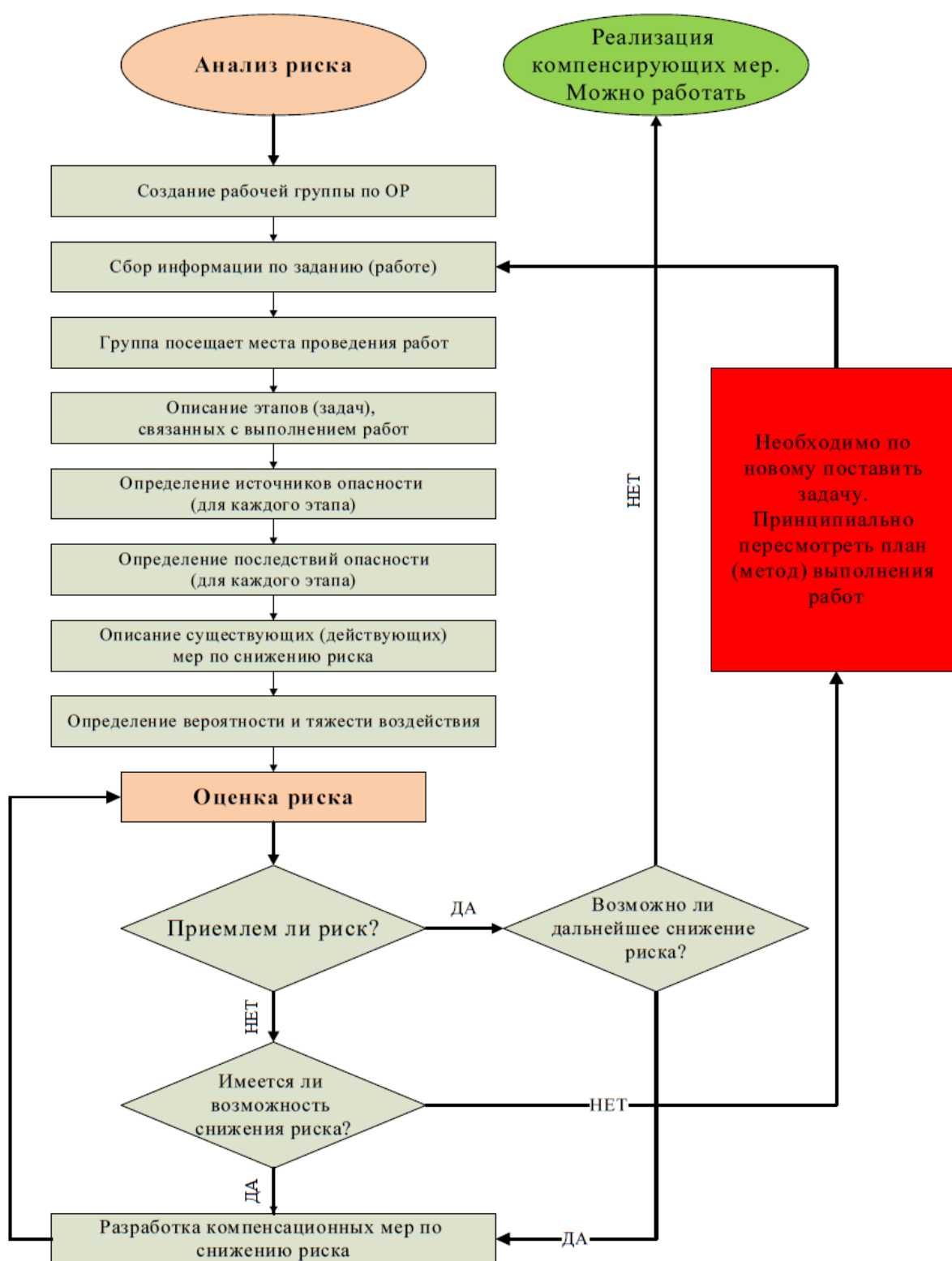


Рис. 2. Организационная структура процесса выявления, оценки и управления рисками

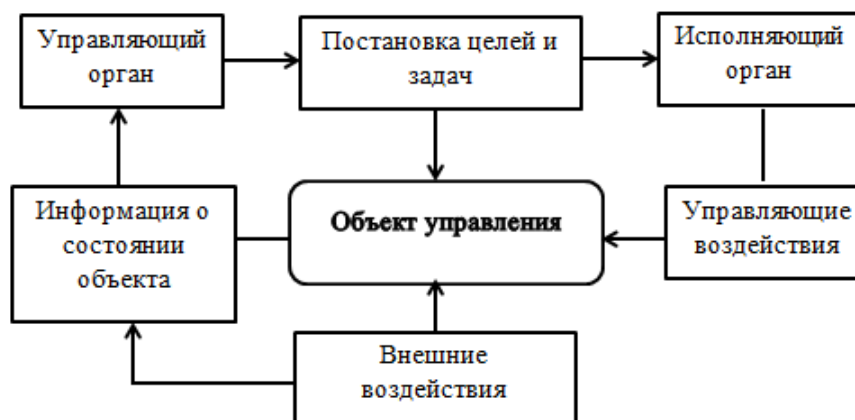


Рис. 3. Общая схема управления рисками в рамках системы управления охраной труда

Для эффективной работы системы нужен хорошо отлаженный механизм сбора, хранения и обработки информации об условиях и охране труда. Эта информация формируется на основе спецоценки рабочих мест, данных производственного контроля и медицинских осмотров.

Эффективный контроль за системой управления рисками должен быть многоуровневым. Одним из решений является внедрение трёхступенчатого контроля, вовлекающего в процесс, как руководителей, так и рядовых сотрудников, которые проводят ежедневные проверки [8, с. 98].

Подобный подход даст возможность усовершенствовать существующие меры по охране труда, а также повысить эффективность их распределения и применения.

Выводы. Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что интеграция оценки профессиональных рисков в систему управления охраной труда (СУОТ) является не просто рекомендуемым мероприятием, а ключевым императивом для создания эффективной, проактивной и экономически обоснованной системы обеспечения безопасности персонала. Анализ показал,

что традиционный, реагирующий на уже произошедшие инциденты подход уступает место риск-ориентированной модели [9, с. 12]. Эта модель позволяет:

- Сместить фокус с ликвидации последствий на предупреждение потенциальных происшествий и профзаболеваний.
- Рационально распределять ресурсы, направляя их на нейтрализацию наиболее значимых рисков.
- Повысить вовлеченность и ответственность, как работников, так и руководителей на всех уровнях за счет прозрачности и понятности процедур оценки рисков [10, с. 4].

Таким образом, внедрение методологии оценки профессиональных рисков трансформирует СУОТ из формальной процедуры в действенный инструмент стратегического управления, напрямую влияющий на производительность, репутацию компании и снижение непроизводственных затрат.

Список источников

1. Федеральный закон РФ от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» // Справочно-правовая система «КонтурНорматив». URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1>

&documentId=455233&ysclid=mgju79m0lo199040451 / (дата обращения: 09.10.2025).

2. Федеральный закон РФ от 19.08.2021 № 580н «Об утверждении профессионального стандарта «Монтажник слаботочных систем охраны и безопасности»» // Справочно-правовая система «КонтурНорматив». URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=447992&ysclid=mgjuv22w1e145391674> / (дата обращения: 09.10.2025).

3. Национальный стандарт Российской Федерации «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению». «Occupational health and safety management systems. Requirements with guidance for use» // Справочно-правовая система ИС «Техэксперт». URL: https://www.reph.ru/upload/GOST_45001-2020.pdf / (дата обращения: 09.10.2025).

4. Техническая инспекция труда ФНПР «Информация о работе технической инспекции труда профсоюзов в 2024 году». URL: https://fnpr.ru/upload/iblock/48e/j3ykvuy1vrybb35dm3bws34k3sw1t72y/INFORMATSIYA-O-RABOTE-TIT_2024-ITOG.pdf?ysclid=mgjwbswh5h686843223 / (дата обращения: 09.10.2025).

5. Трудовой Кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 № 197–ФЗ // Справочно-правовая система «КонтурНорматив». URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=501882&ysclid=mgjubjr1xu118013126> / (дата обращения: 09.10.2025).

6. Приказ Минтруда России от 28 декабря 2021 г. N 926 «Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков» // Справочно-правовая система «КонтурНорматив». URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=mgjx76yhpdp795553785> / (дата обращения: 09.10.2025).

7. Кляуззе, В.П. Управление профессиональными рисками в системах управления охраной труда: моногр. / В.П. Кляуззе; Белорус. гос. экон. ун-т. – Минск: БГЭУ. – 2011. – 202 с.

8. Петрова М. Влияние социальной ответственности на улучшение условий труда в России: моногр. / М. Петрова. – М.: LAP LambertAcademicPublishing. – 2014. – 168 с.

9. Смирнов Г.М., Кудряшова О.А., Киреева Н.М. и др. / Оценка эффективности мероприятий по охране труда на предприятиях и в организациях. М-во труда и соцразвития РФ, Всероссийский центр труда. – М.: – 2012. – 43с. – Библиогр.: с. 43.

10. Справочник специалиста по охране труда №6, 2020 // Справочно-правовая система «Акцион. Охрана труда». URL: <https://vip.1otruda.ru>: <https://vip.1otruda.ru> / (дата обращения: 10.10.2025).

References

1. Federal Law of the Russian Federation of 28.12.2013 No. 426-FZ "On Special Assessment of Working Conditions" // KonturNorm Reference and Legal System. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=455233&ysclid=mgju79m0lo199040451> / (date of reference: 09.10.2025).

2. Federal Law of the Russian Federation of 19.08.2021 No. 580n "On Approval of the Professional Standard" Installer of Low-Current Safety and Security Systems" // KonturNorm Reference and Legal System. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=447992&ysclid=mgjuv22w1e145391674> / (date of reference: 09.10.2025).

3. The National Standard of the Russian Federation "Occupational Safety and Health Management Systems. Requirements and application guidelines" // Techexpert Information and Legal System. URL: https://www.reph.ru/upload/GOST_45001-2020.pdf / (date of reference: 09.10.2025).

4. Technical labor inspection of the FNPR "Information on the work of the technical labor inspection of trade unions in 2024" URL: https://fnpr.ru/upload/iblock/48e/j3ykvuy1vrybb35dm3bws34k3sw1t72y/INFORMATSIYA-O-RABOTE-TIT_2024-ITOG.pdf?ysclid=mgjwbswh5h686843223 / (date of reference: 09.10.2025).

5. Labor Code of the Russian Federation of December 30, 2001, Vo. 197-FZ//KonturNorm Reference and Legal System.

URL:<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=501882&ysclid=mgjubjr1xu118013126> / (date of reference: 09.10.2025).

6. Order of the Ministry of Labor of Russia of December 28, 2021 N 926 "On approval of recommendations on the choice of methods for assessing the levels of professional risks and to reduce the levels of such risks" // Reference and legal system" KonturNorm. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=mgjx76yhp795553785> / (date of reference: 09.10.2025).

7. Klyazze V.P. Occupational risk management in occupational health and safety management systems. – [Tekst] / V.P. Klyazze. –

Belorus: gos. econ. un-t. - Minsk: BGEU, 2011. – 202 p.

8. Petrova M. The Impact of Social Responsibility on Improving Working Conditions in Russia: A Monograph / M. Petrova. – Moscow: LAP LambertAcademicPublishing, 2014. – 168 p.

9. Smirnov G.M., Kudryashova O.A., Kireeva N.M., et al. / Assessment of the Effectiveness of Occupational Safety Measures at Enterprises and Organizations. Ministry of Labor and Social Development of the Russian Federation, All-Russian Labor Center. – Moscow, 2012. – 43 p. – Bibliogr.: p. 43.

10. Handbook of an Occupational Safety Specialist. Vo. 6, 2020 // Reference and Legal System "Aktion. Occupational Safety". URL: <https://vip.1otruda.ru>: <https://vip.1otruda.ru> /

Статья поступила в редакцию 12.10.2025

Информация об авторах

Смоленская Тамара Юрьевна, старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность» Севастопольского государственного университета.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5074-8469>

Scopus ID: 57208702609

Author ID RSCI: 931782

E-mail: tamara_homenko93@mail.ru

Сигора Галина Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Севастопольского государственного университета.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0502-1199>

Author ID: 878491

E-mail: sigora1@yandex.ru

Ничкова Лариса Александровна, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Техносферная безопасность» Севастопольского государственного университета.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8674-7451>

Author ID: 1020040

E-mail: nichkova@sevsu.ru

Information about the authors

Smolenskaya Tamara Yuryevna, Senior Lecturer at the Department of Technosphere Safety, Sevastopol State University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5074-8469>

Scopus ID: 57208702609

Author ID RSCI: 931782

E-mail: tamara_homenko93@mail.ru

Sigora Galina Anatolyevna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety, Sevastopol State University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0502-1199>

Author ID: 878491

E-mail: sigora1@yandex.ru

Nichkova Larisa Alexandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technosphere Safety, Sevastopol State University, e-mail: nichkova@sevsu.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8674-7451>

AuthorID: https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=1020040

Для цитирования:

Смоленская Т. Ю., Сигора Г. А., Ничкова Л. А. Совершенствование системы управления охраной труда на основе оценки профессиональных рисков // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. Серия Технические науки. – 2025. – № 3(4). – С. 90-99.

For citation:

Smolenskaya T. Yu., Sigora G. A., Nichkova L. A. Improving the labor protection management system based on professional risk assessment // Vestnik of Lugansk State University named after Vladimir Dahl. Series Technical Sciences. – 2025. – № 3 (4). – P. 90-99.

**ВЕСТНИК ЛУГАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»
№ 3 (4) 2025**

Серия Технические науки

Лит.редактор

Минина Я.В.

Рудник Ю.В.

Паталахина Е.А.

Технический редактор

Коломиец-Кириллова Е.А.

Подписано в печати 9.11.2025.

Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Условных печатных стр. 17,62. Тираж 100 экз. Изд. № 01540.

ИЗДАТЕЛЬСТВО
Луганского государственного университета
имени Владимира Даля

Адрес издательства: 291034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20,а.

Тел.: 7(959) 138-34-80

E-mail: izdat.lguv.dal@gmail.com

https://izdat.daluniver.ru/