

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ГОРЛОВКА**

**ВЕСТИ**  
**Автомобильно-дорожного института =**  
**Bulletin of the Automobile**  
**and Road Institute**

**Международный научно-технический журнал**

**Издается с октября 2004 г.  
Выходит 4 раза в год**

**№ 4(55), 2025**

**Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute: международный научно-технический журнал / АДИ ДонНТУ.** – Горловка, 2025. – № 4(55). – 123 с.

**Учредитель:** Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет».

**Издатель:** Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, г. Москва, Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка.

Журнал зарегистрирован Министерством информации ДНР: Свидетельство о регистрации средства массовой информации ДНР Сер. ААА № 000051 от 20.10.2016 г.

Журнал внесен в Перечень рецензируемых изданий. Приказ Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики № 960 от 09 июля 2019 г.

В журнале опубликованы научные труды по техническим и экономическим наукам по следующим специальностям: **2.1.** Строительство и архитектура: **2.1.5.** Строительные материалы и изделия; **2.1.7.** Технология и организация строительства; **2.1.8.** Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей. **2.9.** Транспортные системы: **2.9.1.** Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте; **2.9.4.** Управление процессами перевозок; **2.9.5.** Эксплуатация автомобильного транспорта; **2.9.8.** Интеллектуальные транспортные системы; **2.9.9.** Логистические транспортные системы; **5.2.** Экономика: **5.2.1.** Экономическая теория; **5.2.2.** Математические, статистические и инструментальные методы в экономике; **5.2.3.** Региональная и отраслевая экономика; **5.2.4.** Финансы; **5.2.6.** Менеджмент.

Журнал индексируется и реферруется в Science Index **РИНЦ** (<http://elibrary.ru>).

#### **Редакционная коллегия**

Главный редактор: Заглада Р. Ю. (канд. экон. наук, доц.)

Зам. главного редактора: Вовк А. П. (д-р техн. наук, проф.)

Мищенко Н. И. (д-р техн. наук, проф.)

Ответственный секретарь: Самисько Д. Н. (канд. техн. наук)

Члены редакционной коллегии: Ангелина И. А. (д-р экон. наук, проф.); Андриенко В. Н. (д-р экон. наук, проф.); Беспалов В. А. (д-р техн. наук, доц.); Братчун В. И. (д-р техн. наук, проф.); Волощенко А. М. (д-р экон. наук, проф.); Дмитриченко А. И. (д-р экон. наук, проф.); Дрозд Г. Я. (д-р техн. наук, проф.); Жанказиев С. В. (д-р техн. наук, проф.); Зырянов В. В. (д-р техн. наук, проф.); Лепя Р. Н. (д-р экон. наук, проф.); Мельникова Е. П. (д-р техн. наук, проф.); Насонкина Н. Г. (д-р техн. наук, проф.); Новиков А. Н. (д-р техн. наук, проф.); Онищенко Д. О. (д-р техн. наук); Половян А. В. (д-р экон. наук, доц.); Полуянов В. П. (д-р экон. наук, проф.); Попова И. В. (д-р экон. наук, доц.); Рассоха В. И. (д-р техн. наук, доц.); Сильянов В. В. (д-р техн. наук, проф.); Тарарышкин И. А. (д-р техн. наук, проф.); Терентьев А. В. (д-р техн. наук, проф.); Ткачук П. Ю. (д-р экон. наук, доц.); Хоменко Я. В. (д-р экон. наук, проф.); Чаусовский А. М. (д-р экон. наук, проф.); Чистяков И. В. (д-р техн. наук, доц.); Якунин Н. Н. (д-р техн. наук, проф.); Башевая Т. С. (канд. техн. наук, доц.); Быков В. В. (канд. техн. наук, доц.); Глушко Е. С. (канд. экон. наук); Губа В. В. (канд. техн. наук, доц.); Гуменюк М. М. (канд. экон. наук, доц.); Дудникова Н. Н. (канд. техн. наук, доц.); Коновальчик М. В. (канд. техн. наук), Кужелева А. А. (канд. экон. наук, доц.); Курган Е. Г. (канд. экон. наук, доц.); Легкий С. А. (канд. экон. наук, доц.); Лихачева В. В. (канд. техн. наук, доц.); Морозова Л. Н. (канд. техн. наук, доц.); Николаенко В. А. (канд. техн. наук, доц.); Никульшин С. В. (канд. техн. наук, доц.); Самисько Т. А. (канд. техн. наук, доц.); Селезнева Н. А. (канд. экон. наук, доц.); Скрыпник Т. В. (канд. техн. наук, доц.); Сытник Е. С. (канд. техн. наук); Химченко А. В. (канд. техн. наук, доц.); Химченко А. Н. (канд. экон. наук, доц.); Черноус О. И. (канд. экон. наук, доц.); Шилин И. В. (канд. техн. наук, доц.)

За достоверность изложенных фактов и статистических данных несут ответственность авторы статей. Материалы номера печатаются на языке оригинала.

Издается в соответствии с Решением ученого совета АДИ ДонНТУ. Протокол № 4 от 24.12.2025 г.

Адрес редакции: 284646, Донецкая Народная Республика, г. о. Горловка, г. Горловка, ул. Кирова, 51, Автомобильно-дорожный институт (филиал) ДонНТУ в г. Горловка.

Тел.: +7 949 331-45-58; +7 949 318-99-61.

Эл. почта: [vesti-adi@e.adidonntu.ru](mailto:vesti-adi@e.adidonntu.ru), [drukfnf@rambler.ru](mailto:drukfnf@rambler.ru)

Интернет: <http://ojs.donntu.ru/index.php/vestiadi>; [vestnik.adidonntu.ru](http://vestnik.adidonntu.ru); <https://адидоннту.pф/>

**ISSN 1990-7796 (Print)**  
**ISSN 3034-4441 (Online)**

Подписано в печать 24.12.2025 г.

Формат 60 × 84/8. Заказ № 118. Тираж 100 экз.

Печать: АДИ ДонНТУ.

Распространяется бесплатно.

© Авторы статей, 2025

© АДИ ДонНТУ, 2025

**MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION  
AUTOMOBILE AND ROAD INSTITUTE (BRANCH)  
OF THE FEDERAL STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION  
«DONETSK NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY» IN GORLOVKA**

**ВЕСТИ**  
**Автомобильно-дорожного института =**  
**Bulletin of the Automobile**  
**and Road Institute**

**International scientific and technical journal**

**Published since October 2004**  
**Issued four times per year**

**№ 4(55), 2025**

**Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute: international scientific and technical journal / ARI DonNTU. – Gorlovka, 2025. – № 4(55). – 123 p.**

**Founder:** Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Donetsk National Technical University».

**Publisher:** Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Moscow, Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Donetsk National Technical University» in Gorlovka.

Journal is registered by the Ministry of Information of the Donetsk People's Republic:  
Mass media registration certificate of the DPR Ser. AAA № 000051 of 20.10.2016.

Journal is included in the List of peer-reviewed publications. Order of the DPR Ministry of Education and Science № 960 of 09 July 2019.

The journal publishes scientific papers on technical, social and humanitarian sciences in the following specialties: **2.1.** Construction and Architecture: **2.1.5.** Building Materials and Products; **2.1.7.** Construction Technology and Organization; **2.1.8.** Design and Construction of Roads, Subways, Airfields, Bridges and Transport Tunnels. **2.9.** Transport Systems: **2.9.1.** Transport and Transport Technology Systems of the Country, its Regions and Cities, Production Organization in Transport; **2.9.4.** Transportation Process Management; **2.9.5.** Road transport Operation; **2.9.8.** Intelligent Transport Systems; **2.9.9.** Logistics Transport Systems. **5.2.** Economics: **5.2.1.** Economic Theory; **5.2.2.** Mathematical, Statistical and Instrumental Methods in Economics; **5.2.3.** Regional and Sectoral Economics; **5.2.4.** Finance; **5.2.6.** Management.

Journal is indexed in Science Index **RISC** (<http://elibrary.ru>).

#### **Editorial Board:**

Editor-in-Chief: Zaglada R. Iu. (Cand. of Econ. Sc., Docent)

Deputy Editor-in-Chief: Vovk L. P. (Dr. of Tech. Sc., Prof.)

Mishchenko N. I. (Dr. of Tech. Sc., Prof.)

Executive Secretary: Samisko D. N. (Cand. of Tech. Sc.)

Members of the Editorial Board: Angelina I. A. (Dr. of Econ. Sc., Prof.); Andrienko V. N. (Dr. of Econ. Sc., Prof.); Bepalov V. L. (Dr. of Tech. Sc., Docent); Btratchun V. I. (Dr. of Tech. Sc., Prof.); Voloshchenko L. M. (Dr. of Econ. Sc., Prof.); Dmitrichenko L. I. (Dr. of Econ. Sc., Prof.); Drozd G. Ia. (Dr. of Tech. Sc., Prof.); Zhankaziev S. V. (Dr. of Tech. Sc., Prof.); Zyrianov V. V. (Dr. of Tech. Sc., Prof.); Lepa R. N. (Dr. of Econ. Sc., Prof.); Melnikova E. P. (Dr. of Tech. Sc., Prof.); Nasonkina N. G. (Dr. of Tech. Sc., Prof.); Novikov A. N. (Dr. of Tech. Sc., Prof.); Onishchenko D. O. (Dr. of Tech. Sc.); Polovian A. V. (Dr. of Econ. Sc., Docent); Poluianov V. P. (Dr. of Econ. Sc., Prof.); Popova I. V. (Dr. of Econ. Sc., Docent); Rassokha V. I. (Dr. of Tech. Sc., Docent); Silianov V. V. (Dr. of Tech. Sc., Prof.); Tararychkin I. A. (Dr. of Tech. Sc., Prof.); Terentev A. V. (Dr. of Tech. Sc., Prof.); Tkachuk P. Iu. (Dr. of Econ. Sc., Docent); Khomenko Ia. V. (Dr. of Econ. Sc., Prof.); Chausovskii A. M. (Dr. of Econ. Sc., Prof.); Chistiakov I. V. (Dr. of Tech. Sc., Docent); Iakunin N. N. (Dr. of Tech. Sc., Prof.); Bashevaia T. S. (Cand. of Tech. Sc., Docent); Bykov V. V. (Cand. of Tech. Sc., Docent); Glushko E. S. (Cand. of Econ. Sc.); Guba V. V. (Cand. of Tech. Sc., Docent); Gumeniuk M. M. (Cand. of Econ. Sc., Docent); Dudnikova N. N. (Cand. of Tech. Sc., Docent); Konovalchik M. V. (Cand. of Tech. Sc.); Kuzheleva A. M. (Cand. of Econ. Sc., Docent); Kurgan E. G. (Cand. of Econ. Sc., Docent); Legkii S. A. (Cand. of Econ. Sc., Docent); Likhacheva V. V. (Cand. of Tech. Sc., Docent); Morozova L. N. (Cand. of Tech. Sc., Docent); Nikolaenko V. L. (Cand. of Tech. Sc., Docent); Nikulshin S. V. (Cand. of Tech. Sc., Docent); Samisko T. A. (Cand. of Tech. Sc., Docent); Selezneva N. A. (Cand. of Econ. Sc., Docent); Skrypnik T. V. (Cand. of Tech. Sc., Docent); Sytnik E. S. (Cand. of Tech. Sc.); Khimchenko A. V. (Cand. of Tech. Sc., Docent); Khimchenko A. N. (Cand. of Econ. Sc., Docent); Chornous O. I. (Cand. of Econ. Sc., Docent); Shilin I. V. (Cand. of Tech. Sc., Docent)

Authors are responsible for the accuracy of the data and statistics provided. The materials of the issue are published in the original language.

Published in accordance with the decision of the Academic Council of the ARI DonNTU. Protocol № 4 of 24.12.2025.

Editorial address: 284646, Donetsk People's Republic, d. Gorlovka, Gorlovka, st. Kirov, 51, Automobile and Road Institute (Branch) of DonNTU in Gorlovka.

Tel.: +7 949 331-45-58; +7 949 318-99-61.

E-mail: [vesti-adi@e.adidonntu.ru](mailto:vesti-adi@e.adidonntu.ru), [druknf@rambler.ru](mailto:druknf@rambler.ru)

Интернет: <http://ojs.donntu.ru/index.php/vestiadi>; [vestnik.adidonntu.ru](http://vestnik.adidonntu.ru); <https://адидоннту.рф/>

**ISSN 1990-7796 (Print)**  
**ISSN 3034-4441 (Online)**

Signed for posting and printing 24.12.2025.

Format 60 × 84/8. Order № 118. Circulation of 100 copies.

Printed: ARI DonNTU.

Distributed free of charge.

© Authors, 2025

© ARI DonNTU, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>ТРАНСПОРТ</b> .....	7
<i>Е. С. Сытник, Д. Ю. Пащенко, В. И. Безухов, П. В. Лаврентьев</i>	
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ МАЛЯРНОГО УЧАСТКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ .....	7
<i>Н. А. Селезнева, А. О. Добровольский</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК .....	22
<i>А. П. Вовк, Е. С. Кисель</i>	
ВОЛНОВЫЕ ПОЛЯ В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ НЕОДНОРОДНЫХ ТЕРМОУПРУГИХ МАТЕРИАЛОВ.....	33
<i>В. В. Быков, Р. О. Фомкин, С. В. Егорова</i>	
РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ АВТОМОБИЛЯ «РОДСТЕР КРЫМ» ...	42
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ</b> .....	50
<i>В. В. Губа, К. Р. Губа, А. Н. Третьякова</i>	
ПОЛЕВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВОДНО-ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ СТЕПНОГО РАЙОНА ДОНБАССА .....	50
<b>ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b> .....	60
<i>И. И. Гомаль, Е. Н. Свечкаренко, Н. В. Полякова</i>	
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ САМОВОЗГОРАНИЮ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ.....	60
<b>ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ</b> .....	73
<i>Е. П. Мельникова, С. В. Борщевский, Е. А. Шумаева, В. И. Зарубин</i>	
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНОВ ВЛАСТИ И ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ В РОССИИ.....	73
<i>М. А. Шипович</i>	
РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РОЛИ НАУЧНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ В ВОССТАНОВЛЕНИИ ЭКОНОМИКИ ДОНБАССА В ПЕРИОД ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ.....	86
<i>Р. Р. Гайдай</i>	
СТРАТЕГИИ ПЕРЕХОДА ПРЕДПРИЯТИЙ НА РОССИЙСКИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....	97
<i>Н. В. Гуменюк, А. Д. Катунин</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ РИСКА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СФЕРЕ (НА ПРИМЕРЕ ТЕЛЕКАНАЛА «6ТВ»).....	105

## TABLE OF CONTENTS

---

<b>TRANSPORT</b> .....	7
<i>E. S. Sytnik, D. Iu. Pashchenko, V. I. Bezukhov, P. V. Lavrentiev</i>	
ENVIRONMENTAL JUSTIFICATION FOR THE PAINT SHOP ORGANIZATION WHEN DESIGNING A SERVICE STATION.....	7
<i>N. A. Selezneva, A. O. Dobrovolskii</i>	
OPTIMIZATION OF URBAN PASSENGER TRANSPORTATION.....	22
<i>L. P. Vovk, E. S. Kisel</i>	
WAVE FIELDS IN DIAGNOSTICS OF INHOMOGENEOUS THERMOELASTIC MATERIALS.....	33
<i>V. V. Bykov, R. O. Fomkin, S. V. Egorova</i>	
DEVELOPMENT OF THE FUNCTIONAL-LOGICAL MODEL FOR DIAGNOSING THE ELECTRONIC ENGINE CONTROL SYSTEM OF THE “ROADSTER CRIMEA” CAR.....	42
<b>HIGHWAY CONSTRUCTION AND MAINTENANCE</b> .....	50
<i>V. V. Guba, K. R. Guba, L. N. Tretiakova</i>	
FIELD OBSERVATIONS OF THE ROADBED WATER-THERMAL REGIME OF THE DONBASS STEPPE REGION.....	50
<b>ENVIRONMENT PROTECTION</b> .....	60
<i>I. I. Gomal, E. N. Svehkarenko, N. V. Poliakova</i>	
MINING, GEOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL FACTORS CONTRIBUTING TO SPONTANEOUS COMBUSTION OF WASTE DUMPS.....	60
<b>ECONOMICS AND MANAGEMENT</b> .....	73
<i>E. P. Melnikova, S. V. Borshchevskii, E. A. Shumaeva, V. I. Zarubin</i>	
COOPERATION BETWEEN GOVERNMENT BODIES AND HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS IN RUSSIA.....	73
<i>M. A. Shipovich</i>	
RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE ROLE OF SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS IN THE RECOVERY OF THE DONBAS ECONOMY DURING THE GREAT PATRIOTIC WAR.....	86
<i>R. R. Gaidai</i>	
STRATEGIES OF THE ENTERPRISE TRANSITION TO RUSSIAN COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS.....	97
<i>N. V. Gumeniuk, A. D. Katunin</i>	
RESEARCH OF INFORMATION SECURITY RISK FACTORS IN THE TELECOMMUNICATIONS SECTOR (USING THE EXAMPLE OF THE 6TV TV CHANNEL).....	105

## ТРАНСПОРТ

УДК 629.3+502.174

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19909799>

Е. С. Сытник, Д. Ю. Пащенко, В. И. Безухов, П. В. Лаврентьев

### ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ МАЛЯРНОГО УЧАСТКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

*Представлен аналитический обзор современных подходов к экологическому обоснованию организации малярных участков станций технического обслуживания. Разработана система критериев для сравнительной оценки решений (экологическая и ресурсная эффективность, соответствие наилучшим доступным технологиям). На ее основе систематизированы существующие решения и проведен их сравнительный анализ. Для демонстрации перехода к количественному обоснованию выполнен расчет по официальной «Методике расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (на основе удельных показателей)». Показано, что применение системного подхода, объединяющего сравнительный анализ по критериям наилучших доступных технологий и инструменты количественной оценки, позволяет на этапе проектирования перейти от формального соответствия нормативам к инженерно-обоснованному выбору технологий. Повышая, в результате, как экологическую безопасность, так и ресурсную эффективность предприятий автосервиса.*

**Ключевые слова:** станция технического обслуживания, участок малярный, экологическое обоснование, наилучшие доступные технологии, утилизация, вредные выбросы, охрана окружающей среды

**Для цитирования:** Экологическое обоснование организации малярного участка при проектировании станции технического обслуживания / Е. С. Сытник, Д. Ю. Пащенко, В. И. Безухов, П. В. Лаврентьев // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2025. – № 4(55). – С. 7–21. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19909799>.

#### Постановка задачи

Организация малярного участка является неотъемлемой частью современных станций технического обслуживания (СТО) – наиболее распространенного типа автосервисных предприятий (АСП). Деятельность данного участка сопряжена с образованием значительного количества загрязняющих веществ. К ним относятся выбросы в атмосферный воздух (пары растворителей, красочный аэрозоль), образование жидких стоков и твердых отходов (шлам, отработанные фильтры), что создает риск негативного воздействия на окружающую среду и персонал [1]. В связи с этим экологическое обоснование организации малярного участка на стадии проектирования становится обязательным требованием, направленным на соблюдение природоохранного законодательства, в частности Федерального закона от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (редакция от 8 августа 2024 года) [2], предусматривающего переход на принципы наилучших доступных технологий (НДТ). Соответствие принципам НДТ не только минимизирует ущерб окружающей среде, но и создает конкурентные преимущества для АСП за счет повышения ресурсной эффективности.

Проектирование экологически безопасного малярного участка должно осуществляться в строгом соответствии с требованиями Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ (редакция от 26.12.2024 г.) «Об охране окружающей среды» [3], Федерального закона от 04.05.1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» (редакция от 08.08.2024 г.) [4], Федерального закона от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ (редакция от 31.07.2025 г.) «Об отходах производства и потребления» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2025 г.) [5], а также санитарных норм СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий,

сооружений и иных объектов» утвержденному постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 25.09.2007 г. № 74 [6].

### *Анализ последних исследований*

Современная ситуация в области экологизации АСП характеризуется повышенным вниманием к проблеме негативного воздействия на окружающую среду. Данная тенденция напрямую связана с уровнем автомобилизации, являющимся ключевым фактором развития инфраструктуры таких предприятий. На 1 января 2025 года парк легковых автомобилей Российской Федерации достиг 47,5 млн единиц [7]. Из них более 40 % сосредоточено в 11 регионах (рисунок 1), что создает в субъектах РФ высокую плотность автотранспорта и, как следствие, устойчивый спрос на услуги автосервиса, включая малярные работы.

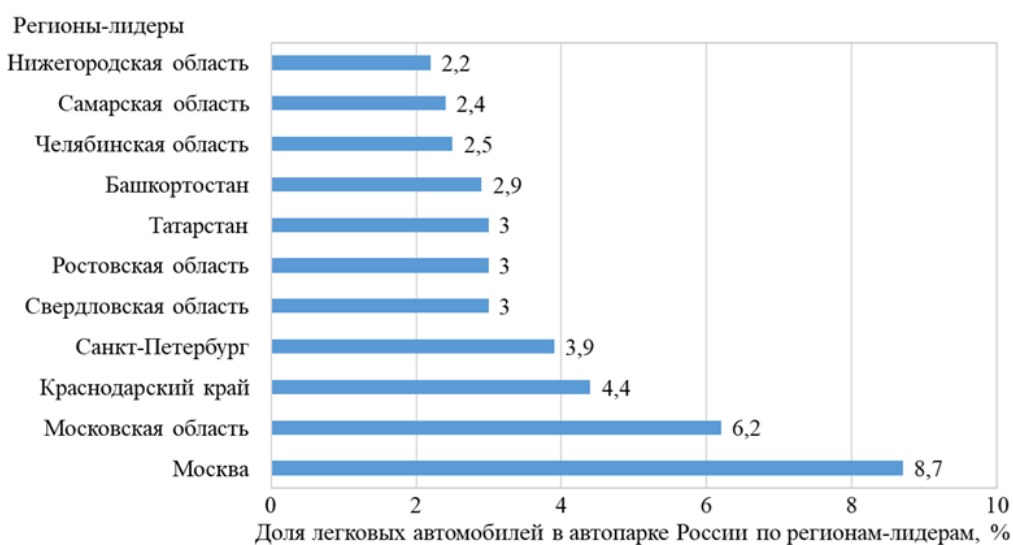


Рисунок 1 – Регионы России с наибольшим парком легковых автомобилей (доля от общероссийского парка, %)

Вместе с тем, увеличение среднего возраста автомобилей до 14,5 лет [8] также ведет к увеличению объема кузовных ремонтов и расширению сети СТО, в структуре которых малярные участки являются одними из основных источников загрязнения [1, 9]. Это определяет комплексный характер проблемы, решение которой требует учета технологических и нормативных аспектов. В настоящее время сформировалось несколько ключевых направлений исследований, создающих теоретическую базу для поиска решений.

1. Нормативно-правовое регулирование и стратегические ориентиры. Ведущим принципом экологизации производства в РФ является переход на НДТ, регламентированный Федеральным законом [2]. Анализ литературных источников по НДТ [10, 11, 12] задает четкие целевые ориентиры, однако практическая адаптация этих общих требований к специфике малярных участков СТО требует дополнительного изучения.

2. Технологические аспекты и свойства материалов. Фундаментальной основой для понимания процессов образования загрязнений являются физико-химические свойства лакокрасочных материалов (ЛКМ). Детальный анализ технологий нанесения и формирования покрытий, а также свойств современных материалов [13, 14, 15] позволяет выявить прямую зависимость между выбором материала, режимом его нанесения и объемом образующихся вредных выбросов. Это создает теоретическую базу для поиска технологических решений, позволяющих минимизировать воздействие в самом источнике его образования.

3. Методологии оценки эффективности. В условиях ужесточения экологических требований особую актуальность приобретают инструменты количественной оценки. Активно внедряются методики оценки жизненного цикла и ресурсоемкости, в частности, показатель

материальной интенсивности (MIPS) [16], применение которого для анализа окрасочных производств демонстрирует свою эффективность. Данный инструмент позволяет перейти от качественных описаний к количественному учету непродуктивных затрат и выявлению проблемных зон. При этом для практических задач нормирования и экологического обоснования проектов в РФ основополагающее значение имеет официальная «Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (на основе удельных показателей)» (далее – Методика) [17], утвержденная Госкомэкологии России и актуализированная в 2021 г., которая задает стандартизированный алгоритм для получения исходных количественных данных о воздействии.

4. Прикладные решения для АСП. Практический интерес представляют исследования, сфокусированные непосредственно на организации малярных работ в условиях СТО. Рассматриваются вопросы нормирования расхода ЛКМ [18], организации условий труда [19] и управления образующимися отходами [1, 11]. Однако зачастую эти исследования носят разрозненный характер.

Таким образом, проведенный анализ литературных источников подтверждает актуальность темы и наличие значительного массива разрозненных данных – нормативных требований, технологических описаний и отдельных методик оценки. Однако отсутствуют работы, предлагающие их комплексную систематизацию и сравнительный анализ именно для задач проектирования малярных участков СТО. Это определяет необходимость и новизну настоящего аналитического обзора.

**Цель работы** – систематизация и сравнительный анализ существующих инженерно-технических решений и методологических подходов для экологического обоснования организации малярного участка СТО, соответствующих принципам наилучших доступных технологий, и их интеграция в практическую схему проектирования.

### **Основная часть**

Технологические процессы, происходящие на малярном участке, сопряжены с образованием значительного количества загрязняющих веществ. Многие применяемые материалы (шпатлевки, грунтовки, краски, растворители, смывки) содержат токсичные компоненты – аэрозоли красок, пары растворителей, твердые частицы – и являются источником загрязнения окружающей среды [1, 20]. Специфика работы участка заключается в постоянном использовании ЛКМ, что формирует несколько основных потоков загрязнения:

- выбросы в атмосферный воздух (пары органических растворителей, аэрозольные частицы краски);
- образование жидких отходов (отработанная вода из окрасочных камер, содержащая остатки ЛКМ и коагулянтов);
- образование твердых отходов (отработанные фильтры, шлам от очистки оборудования).

Без применения современных средств очистки данные вещества наносят ущерб экосистемам и создают риск для здоровья персонала. Следовательно, проектирование малярного участка СТО должно базироваться на комплексном подходе, интегрирующем эффективную организацию воздухообмена, применение современных материалов, очистку выбросов от сушки, управление водными стоками и утилизацию отходов.

**Критерии для сравнительного анализа решений.** Для проведения сравнения и систематизации ряда технологических и организационных решений, описанных в литературе, необходима единая система критериев оценки. На основе обобщения нормативных документов [2–6] и источников литературы [10–15, 17] были выделены следующие ключевые критерии, отражающие цели экологизации и принципы НДТ:

1. Экологическая эффективность (снижение воздействия):

- снижение выбросов в атмосферный воздух – летучих органических соединений (ЛОС) и лакокрасочного аэрозоля (оценивается количественно с помощью Методики [17]);
  - снижение образования и опасности твердых (шлам, фильтры) и жидких (стоки) отходов.
2. Ресурсная эффективность:
- коэффициент использования материала (доля ЛКМ, которая пошла на покрытие);
  - удельное водопотребление и возможность организации оборотного цикла;
  - энергопотребление.
3. Соответствие приоритетам НДТ (приоритет отдается решениям, направленным на предотвращение образования загрязнений, а не на их конечную (финальную) очистку).
4. Технологическая и экономическая целесообразность для СТО (сложность внедрения, капитальные и эксплуатационные затраты, требования к квалификации персонала – качественная оценка).

Данная система критериев служит основой для систематизации решений и позволяет перейти от их простого перечисления к структурированному сравнительному анализу. Первым результатом такой систематизации, наглядно отражающим комплексный подход к управлению всеми потоками загрязнений, является структурная схема системы экологизации малярного участка (рисунок 2).



Рисунок 2 – Структурная схема системы экологизации малярного участка СТО

В основе схемы лежит принцип разделения всех образующихся загрязняющих потоков на три ключевых направления: воздушные выбросы, водные стоки, твердые отходы. Для каждого направления предусмотрена многоступенчатая система обработки: очистка и утилизация, работающая по замкнутому циклу (рекуперация тепла, обратное водоснабжение) либо с передачей отходов специализированным организациям для обезвреживания. Все процессы осуществляются в рамках единой системы управления, основанной на принципах НДТ и постоянном мониторинге ресурсной эффективности.

Представленная схема интегрирует различные технологические решения. Для наглядной демонстрации их сравнительной эффективности по установленным критериям сформирована сводная таблица 1. Данная систематизация наглядно демонстрирует, что наиболее полное соответствие критериям НДТ, особенно приоритетному принципу предотвращения загрязнений, обеспечивает комплекс, основанный на применении порошковых красок с рекуперацией в герметичной камере. Решения по концевой очистке, несмотря на распространенность, являются менее предпочтительными с точки зрения ресурсоэффективности.

**Анализ ключевых направлений экологизации.** Рассмотренные в обзоре решения (таблица 1) реализуются через конкретные инженерно-технические мероприятия. Ниже детально анализируются основные направления, соответствующие контурам представленной структурной схемы (рисунок 2).

1. Организация воздухообмена и очистки выбросов (реализация решений 2.1 и 2.2, таблица 1). Основой экологичного окрасочного участка, соответствующего принципам НДТ, является герметичная камера с организованным воздухообменом (контур 1 на рисунке 2). Ее работа строится на двух ключевых принципах:

1) организация приточно-вытяжной вентиляции с избыточным давлением (объем притока превышает объем вытяжки), что исключает образование «мертвых зон» и предотвращает миграцию загрязненного воздуха в смежные помещения;

2) многоступенчатая фильтрация выбросов. На приточной линии устанавливаются фильтры грубой очистки, а на вытяжке – многоуровневая система. Первой ступенью, как правило, служит гидрофильтр (водяная завеса), улавливающий до 95 % красочного аэрозоля. Последующая тонкая очистка осуществляется с помощью бумажных и угольных фильтров, обеспечивающих улавливание мелкодисперсных частиц и паров растворителей. Своевременная замена фильтрующих элементов является критически важной для поддержания эффективности системы.

2. Обработка водных стоков и управление отходами (реализация решений 2.3, таблица 1). Обработка водных стоков (контур 2 на рисунке 2) начинается с отработанной воды из гидрофильтров. Для ее очистки применяется технология коагуляции, при которой реагенты вызывают агрегацию частиц краски в хлопья с последующим их удалением. После коагуляции и сепарации очищенная вода может быть возвращена в производственный цикл, формируя систему оборотного водоснабжения и значительно сокращая водопотребление.

Управление отходами (контур 3 на рисунке 2) включает обращение с образовавшимся шламом и использованными фильтрами, которые относятся к категории опасных отходов. Они подлежат накоплению и передаче лицензированным организациям для обезвреживания или утилизации, что замыкает жизненный цикл материалов в рамках проекта.

3. Применение современных материалов как превентивная мера (реализация решений группы I, таблица 1). Наиболее эффективным направлением минимизации воздействия, соответствующим приоритетным принципам НДТ, является предотвращение образования загрязнений в самом источнике их образования. В отличие от концевой очистки, этот подход направлен на изменение свойств исходных материалов, что ведет не к улавливанию вредных веществ, а к сокращению их образования. Реализуется он за счет применения современных ЛКМ с улучшенным химическим составом, что коренным образом меняет структуру и объем всех последующих потоков загрязнений – выбросов, стоков и отходов. К таким материалам относятся:

1) порошковые краски, полностью исключая выбросы паров растворителей. Системы рекуперации позволяют повторно использовать до 95 % неосевшего материала, сводя к минимуму отходы [9];

2) ЛКМ с низким содержанием ЛОС – материалы на водной основе или с растворителями пониженной опасности, применяемые там, где использование порошковых технологий невозможно.

Таблица 1 – Сравнительная оценка технологий экологизации малярного участка СТО

Критерий оценки / Группа решений	I. ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ			II. ОБОРУДОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА		
	1.1. Жидкие ЛКМ (высокое содержание ЛОС)	1.2. ЛКМ на водной основе	1.3. Порошковые краски с рекуперацией	2.1. Герметичная окрасочная камера	2.2. Многоступенчатая очистка выбросов	2.3. Система оборотного водоснабжения
<b>1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ</b>						
1.1. Выбросы в атмосферу						
Летучие органические соединения (ЛОС)	Высокие (базовый уровень)	Средние (↓ на 30–60 %)	Отсутствуют (↓ на 100 %)	Способствует улавливаю	Не влияет на источник	Не применимо
Лакокрасочный аэрозоль	Высокие (базовый уровень)	Высокие	Минимальные (↓ > 95 %)*	Необходимое условие для улавливания	Высокая (улавливание до 95 %)	Не применимо
1.2. Образование отходов						
Твердые отходы (шлам, фильтры)	Высокое	Высокое	Минимальное (↓ 90–95 %)	–	Вызывает образование (шлам)	Снижает количество жидких отходов
Жидкие отходы (стоки)	Высокое	Высокое	Отсутствуют	–	Вызывает образование (стоки гидрофильтра)	Ликвидирует (замкнутый цикл)
<b>2. РЕСУРСНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ</b>						
2.1. Использование материала						
Коэффициент использования ЛКМ	Низкий (< 50 %)	Средний (50–65 %)	Очень высокий (95–98 %)	Не применимо	Не применимо	Не применимо
2.2. Потребление ресурсов						
Водопотребление	Высокое	Высокое	Низкое (↓ > 80 %)	–	Высокое (работа гидрофильтра)	Резко снижает общее потребление
Энергопотребление	Среднее	Низкое	Высокое (нагрев, рекуперация)	Среднее (вентиляция)	Низкое	Среднее (насосы)
3. СООТВЕТСТВИЕ ПРИОРИТЕТАМ НДТ	Наименее предпочтительно (принцип – очистка)	Частичное (принцип – частичное предотвращение)	Наиболее полно (принцип – предотвращение)	Обязательный элемент (создает условия)	Наименее приоритетно (принцип – очистка)	Соответствует (принцип – замкнутый цикл)
4. ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ДЛЯ СТО	Низкая сложность. Средние эксплуатационные затраты	Низкая сложность. Низкие эксплуатационные затраты	Высокая сложность внедрения. Высокие капитальные затраты. Низкие эксплуатационные затраты	Средняя сложность. Высокие капитальные затраты	Средняя сложность. Средние эксплуатационные затраты	Средняя сложность. Средние капитальные затраты. Экономия на воде

\* – для порошковой окраски коэффициент потерь аэрозоля ( $\delta_a$ ) стремится к 0 % при эффективной рекуперации.  
Символ ↓ обозначает снижение показателя относительно базового сценария с пневматическим распылением жидких ЛКМ (колонка 1.1).

Для очистки выбросов от печей сушки, содержащих пары растворителей, наиболее эффективны термические и каталитические методы дожигания. Современные установки интегрируют рекуперацию тепла очищенного воздуха для обогрева сушильных камер, повышая энергоэффективность.

**Пример применения методики количественной оценки для базового сценария.**

Качественный сравнительный анализ, представленный в таблице 1, выявляет наиболее предпочтительные решения. Однако для формального инженерного обоснования выбора технологии в составе проектной документации необходима количественная аргументация. Без нее выбор остается субъективным, а соответствие принципам НДТ не может быть доказано объективно. Ключевым инструментом для такого перехода в Российской Федерации служит Методика [17]. Данный документ предоставляет формализованный расчетный аппарат и содержит обширный справочный материал, что позволяет:

- уйти от общих оценок к конкретным, измеряемым величинам (г/ч, кг/год);
- обеспечить сопоставимость различных технологических вариантов;
- обосновать проект перед контролирующими органами на языке нормативов.

В рамках данной работы Методика [17] применяется для иллюстрации ее практического использования.

В качестве базового (наихудшего с экологической точки зрения) сценария принята технологическая комбинация, характерная для действующих СТО, не прошедших модернизацию в соответствии с принципами НДТ:

- материалы: традиционные жидкие ЛКМ с высоким содержанием ЛОС – грунтовка ГФ-0119 и эмаль АС-182;
- способ нанесения ЛКМ: пневматическое распыление;
- оборудование: окрасочная камера без системы рекуперации краски.

На основе данного сценария выполнен расчет, целью которого было получение конкретных числовых показателей экологической нагрузки. Эти показатели служат объективной точкой отсчета для сравнительной оценки эффективности альтернативных решений из таблицы 1. Исходные данные для проведения расчета, включая параметры материалов, технологические коэффициенты и принятые проектные допущения, систематизированы в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета валовых выбросов по базовому сценарию

Категория данных	Конкретное значение / Наименование	Источник (обоснование)
1	2	3
1. Нормативный документ	Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении ЛКМ (на основе удельных показателей)	[17]
2. Принятые ЛКМ	Грунтовка ГФ-0119, Эмаль АС-182	Выбор типовых, широко распространенных на СТО материалов
3. Способ нанесения	Пневматическое распыление	Наиболее распространенная технология в условиях СТО
4. Удельные показатели ЛКМ:		
– доля летучей части, $f_p$	ГФ-0119 – 47 % (ксилол – 100 %); АС-182 – 47 % (ксилол – 85 %, уайт-спирит – 5 %, сольвент – 10 %)	[17, табл. П. 1]

Продолжение таблицы 2

1	2	3
5. Технологические коэффициенты для пневматического распыления:		
– доля ЛКМ, потерянного в виде аэрозоля, $\delta_a$	30 %	[17, табл. П. 2]
– доля паров растворителя, выделившегося при окраске, $\delta_p'$	25 %	[17, табл. П. 2]
– доля паров растворителя, выделившегося при сушке, $\delta_p''$	75 %	[17, табл. П. 2]
6. Принятые проектные параметры:		
– производительность, $S_q$	50 м <sup>2</sup> /ч	[17, табл. 4.2]
– удельный расход ЛКМ, $m_s$	180 г/м <sup>2</sup> (для каждого слоя – грунтовки и эмали)	среднестатистический расход для автомобильных эмалей [21]

Для количественной оценки воздействия базового сценария по Методике [17] определены ключевые расчетные показатели:

1. Расход материала. Масса ЛКМ, расходуемого за час ( $P_0$ , кг/ч), определяется по формуле:

$$P_0 = 0,001 \cdot S_q \cdot m_s, \quad (1)$$

где  $S_q$  – производительность окрашивания, м<sup>2</sup>/ч;

$m_s$  – удельный расход ЛКМ, г/м<sup>2</sup>.

2. Выделение аэрозоля. Масса лакокрасочного аэрозоля ( $\Pi_{н.ок}^a$ , кг) рассчитывается по формуле:

$$\Pi_{н.ок}^a = 0,0001 \cdot (m_k \cdot \delta_a \cdot (100 - f_p)), \text{ кг}, \quad (2)$$

где  $m_k$  – масса ЛКМ, используемого для покрытия, кг;

$\delta_a$  – доля ЛКМ, теряемого в виде аэрозоля для данного способа нанесения, %;

$f_p$  – доля летучей части в ЛКМ, % масс.

3. Выделение летучих компонентов. Масса  $i$ -го компонента летучей части, выделившегося при окраске ( $\Pi_{ок}^{nap}$ ), кг, и сушке ( $\Pi_c^{nap}$ ), кг, определяется по формулам:

$$\begin{aligned} \Pi_{ок}^{nap} &= 0,0001 m_k \cdot \delta_p' \cdot f_p, \\ \Pi_c^{nap} &= 0,0001 m_k \cdot \delta_p'' \cdot f_p, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\delta_p$  – доля паров растворителя, выделяющихся на соответствующей стадии ( $\delta_p'$  – при окраске,  $\delta_p''$  – при сушке), %.

Подставив в формулы (1)–(3) исходные данные из таблицы 2, получим удельные показатели валового образования загрязнений для полного окрасочного цикла (нанесение грунтовки ГФ-0119 и эмали АС-182). Сводные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчетные удельные показатели образования загрязнений для базового сценария (на 1 нормо-час полного цикла)

Показатель	Значение	Примечание (ключевые влияющие параметры)
<b>1. Выбросы в атмосферу</b>		
Летучие органические соединения (суммарно)	$\approx 847$ г/ч	Зависит от $f_p$ и выбора ЛКМ. Основной компонент – ксилол (93 %)
Лакокрасочный аэрозоль (взвешенные вещества)	$\approx 2\,860$ г/ч	Прямо пропорционален расходу материала ( $P_0$ ) и коэффициенту $\delta_a$ . Рассчитан по формуле (2) $\sum (P_{н.ок}^a)$ для двух слоев
<b>2. Образование отходов</b>		
Твердые опасные отходы (шлам, фильтры)	2,86–5,8 кг/ч	Оценочный диапазон. Основа – расчетная масса аэрозоля (2,86 кг/ч), к которой добавлена оценка массы шлама от очистки стоков и отработанных фильтров
<b>3. Потребление ресурсов</b>		
Водопотребление системы гидрофильтрации	15–25 л/ч	Характеристика типового оборудования, не регулируется методикой [17]

**Анализ результатов расчета и обоснование выбора технологии НДТ.** Полученные количественные показатели (таблица 3) наглядно иллюстрируют высокую экологическую нагрузку типового участка. Проведенный расчет количественно подтверждает то, что базовый технологический сценарий характеризуется значительной ресурсоемкостью и высоким уровнем воздействия на окружающую среду. Ключевыми факторами, определяющими величину выбросов, являются свойства применяемых материалов (доля летучей части  $f_p$ ) и технологические параметры процесса (коэффициент потерь аэрозоля  $\delta_a$ ).

Следовательно, наиболее эффективной стратегией экологизации, в полной мере соответствующей приоритетному принципу НДТ – предотвращения образования загрязнений, является не совершенствование систем конечной очистки, а переход на материалы и технологии, которые минимизируют или полностью устраняют такие исходные проблемные параметры.

Полученные цифры (выбросы ЛОС  $\approx 847$  г/ч и аэрозоля  $\approx 2\,860$  г/ч) служат критериальной базой для сравнения и объективной точкой отсчета. Например, сопоставление 847 г/ч ЛОС с нулевым выбросом для технологии порошковой окраски (п. 1.3, таблица 1) дает проектировщику прямое количественное обоснование ее преимуществ. Таким образом, применение Методики [17] на этапе проектирования трансформирует выбор технологии из области субъективных предпочтений в плоскость инженерно-обоснованных решений.

Принцип предотвращения образования загрязнений реализуется на фундаментальном уровне порошковая краска. Ее физико-химическая природа принципиально иная: она не содержит жидких растворителей ( $f_p = 0\%$ ), а процесс ее нанесения с системой рекуперации характеризуется крайне низким коэффициентом безвозвратных потерь ( $\delta_a \rightarrow 0\%$ ). Подстановка этих значений в формулы (2) и (3) приводит к тому, что расчетные выбросы ЛОС и аэрозоля устремляются к нулю. Таким образом, количественное экологическое превосходство порошковой технологии не требует отдельного сложного расчета – оно логически вытекает из обнуления ключевых переменных в исходной расчетной модели.

Экологический эффект проявляется в устранении потоков загрязнений и упрощении технологической схемы: отпадает необходимость в очистке выбросов от паров растворителей и организации очистки жидких окрасочных стоков. Рекуперированный избыток краски (до 95–98 %) возвращается в производственный цикл, что сводит к минимуму образование твердых отходов и формирует замкнутый ресурсный контур [9].

**Интеграция методологии оценки ресурсной эффективности.** Результаты проведенного анализа свидетельствуют, что разработанный систематизированный подход позволяет эффективно решить проблему экологического обоснования малярного участка. Интеграция технологических решений, принципов НДТ и методологии ресурсной оценки в единую схему преобразует разрозненные нормативные требования в практический инструмент, обеспечивающий не только формальное соответствие законодательству, но и создающий основу для проектирования ресурсоэффективных АСП.

### **Выводы**

1. На основе проведенного аналитического обзора нормативных, технологических и методических источников систематизированы решения для экологизации малярного участка СТО. Разработана структурная схема комплексного управления потоками загрязнений, а также предложена и применена система критериев для их сравнительной оценки, включающая экологическую и ресурсную эффективность, соответствие НДТ и целесообразность для предприятия автосервиса.

2. Проведенный на основе системы критериев сравнительный анализ (таблица 1) показал, что максимальное соответствие приоритетному принципу НДТ предотвращения образования загрязнений обеспечивает комплекс на основе порошковой окраски с рекуперацией. Данная технология принципиально меняет параметры воздействия ( $f_p = 0\%$ ,  $\delta_a \rightarrow 0\%$ ), что ведет к устранению выбросов ЛОС и сокращению образования отходов на 90–95 %, формируя замкнутый ресурсный цикл. Технологии концевой очистки, напротив, снижают свою актуальность вследствие низкой ресурсоэффективности.

3. Для перехода от декларативного соответствия к доказательному проектированию рассмотрен и рекомендован к применению инструмент количественного обоснования – официальная Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении ЛКМ (на основе удельных показателей) [17]. Выполненный на ее основе расчет для базового сценария (выбросы ЛОС  $\approx 847$  г/ч и аэрозоля  $\approx 2\,860$  г/ч) не только задал объективную точку отсчета, но и наглядно показал, как выбор оптимальной с точки зрения НДТ технологии (порошковой окраски с рекуперацией) трансформирует экологические требования в инструмент проектной оптимизации.

4. Перспективным направлением является разработка технико-экономических моделей для адаптации предложенного комплекса решений к условиям СТО различной мощности и специализации.

*Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.*

### **Список литературы**

1. Сытник, Е. С. Анализ специфики экологических рисков и угроз в управлении техногенными отходами системы автосервиса / Е. С. Сытник. – Текст : электронный // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 4-1(87). – С. 56–64. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-4-1(87)-56-64. – EDN MYUCHV. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75253386> (дата обращения: 07.10.2025).
2. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон Российской Федерации от 21.07.2014 № 219-ФЗ : принят Государственной Думой 2 июля 2014 года : одобрен Советом Федерации 9 июля 2014 года : редакция от 08.08.2024. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=474527> (дата обращения: 08.10.2025). – Текст : электронный.
3. Об охране окружающей среды : Федеральный закон Российской Федерации от 10.01.2002 № 7-ФЗ : принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года : редакция от 26.12.2024. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=501152> (дата обращения: 09.10.2025). – Текст : электронный.
4. Об охране атмосферного воздуха : Федеральный закон Российской Федерации от 04.05.1999 № 96-ФЗ : принят Государственной Думой 2 апреля 1999 год : одобрен Советом Федерации 22 апреля 1999 года : редакция от 08.08.2024. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=452893> (дата обращения: 10.10.2025). – Текст : электронный.



20. Химики - автолюбителям / [Б. Б. Бобович, Г. В. Бровак, Б. М. Бунаков и др.] ; под общ. ред. А. Я. Малкина. – 2-е изд., испр. – Ленинград : Химия : Ленингр. отделение, 1991. – 318 с. – ISBN 5-7245-0798-6.
21. Эмаль АС-182 для спецтехники. – Текст. Изображение : электронные // Химтэк : [сайт]. – URL: [https://himtekar.ru/catalog/paints/as\\_182/](https://himtekar.ru/catalog/paints/as_182/) (дата обращения: 31.10.2025).

### References

1. Sytnik E. S. Analysis of the Specifics of Environmental Risks and Threats in Man-Made Waste Management of a Car Service System. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. [World of Transport and Technological Machines]. 2024. № 4-1(87). Pp. 56–64. (In Russ.) DOI 10.33979/2073-7432-2024-4-1(87)-56-64. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75253386>
2. On Amendments to the Federal Law “On Environmental Protection” and Certain Legislative Acts of the Russian Federation : Federal Law of the Russian Federation of July 21, 2014 No. 219-FZ: adopted by the State Duma on July 2, 2014: approved by the Federation Council on July 9, 2014: revised on August 8, 2024. (In Russ.) URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=474527>
3. On environmental protection : Federal Law of the Russian Federation of 10.01.2002 No. 7-FZ: adopted by the State Duma on December 20, 2001: approved by the Federation Council on December 26, 2001: revised on December 26, 2024. (In Russ.) URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=501152>
4. On the protection of atmospheric air : Federal Law of the Russian Federation of 04.05.1999 No. 96-FZ: adopted by the State Duma on April 2, 1999: approved by the Federation Council on April 22, 1999: revised on 08.08.2024. (In Russ.) URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=452893>
5. On production and consumption waste : Federal Law of the Russian Federation of June 24, 1998 No. 89-FZ: adopted by the State Duma on May 22, 1998: approved by the Federation Council: revised on July 31, 2025. (In Russ.) URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=501247>
6. On the introduction of a new version of the sanitary and epidemiological rules and regulations SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03 “Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, structures and other objects” : Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated September 25, 2007 No. 74: version dated November 15, 2024. (In Russ.) URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=487357>
7. Timerkhanov, A. The regions of the Russian Federation with more than 1 million passenger cars have been identified. *Autostat: analytical agency* : [website]. 2025. (In Russ.) URL: <https://www.autostat.ru/infographics/59825/>
8. The average age of a car in Russia has been announced. *Auto Mail* : [website]. (In Russ.) URL: <https://auto.mail.ru/article/102764-nazvan-srednij-voznrast-avtomobilya-v-rossii/>
9. Bybina Ya. Yu. The Impact of Automotive Paint Shops on the Environment. *Aktu-al'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki*. [Current Issues in Aviation and Cosmonautics]. 2010. Vol. 1, No. 6. P. 246. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22634295>
10. Best available technologies and integrated environmental permits: application prospects in Russia: monograph. M. V. Begak, T. V. Guseva, T. V. Boravskaya [et al.]. Moscow : YurInfoR-Press, 2010. 220 p. (In Russ.) ISBN 978-5-9587-0019-6. EDN UGDHIZ. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23910887>
11. ITS 9-2020. Waste recycling and disposal by thermal methods: information and technical reference book on the best available technologies: the procedure for developing the reference book is established by the Decree of the Government of the Russian Federation of December 23, 2014 No. 1458: developed by the technical working group (TRG 9), the composition of which was approved by the Order of the Ministry of Industry and Trade of Russia dated April 3, 2020 No. 1118 (as amended by the Order of the Ministry of Industry and Trade of Russia No. 4094 dated November 24, 2020) Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. Moscow : Bureau of NDT, 2020. 200 p. (In Russ.) URL: <https://wm.turkmenistan.ecoline-int.org/wp-content/uploads/2021/06/ITS-NDT-9-2020.pdf>
12. Burmatova O. P. The place of the best available technologies in the system of environmental regulation of Russia. *Interehkspo Geo-Sibir'*. [Inter Expo Geo-Siberia]. 2018. Vol. 2, № 3. Pp. 45–53. (In Russ.) EDN VJWYOF. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36289278>
13. Shestopalova L. P. Study of the Technical Condition of a Vehicle’s Paint and Varnish Coating. Part 1. Application and Formation of the Paint and Varnish Coating on a Vehicle Body. *Problemy ehkspertizy v avtomobil'no-dorozhnoi otrasli*. [Expertise Issues in the Automobile and Road Industry]. 2024. № 1(10). Pp. 36–54. (In Russ.) EDN LZLBUQ. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-tehnicheskogo-sostoyaniya-lakokrasochnogo-pokrytiya-avtomobilya-chast-1-nanesenie-i-formirovanie-lakokrasochnogo/viewer>
14. Shestopalova L. P. Study of the Technical Condition of Vehicle Paintwork. Part 2. Types and Properties of Automotive Enamels. *Problemy ehkspertizy v avtomobil'no-dorozhnoi otrasli*. [Expertise Issues in the Automobile and Road Industry]. 2024. № 4(13). Pp. 3–23. (In Russ.) EDN UCLJFV. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=80646975>
15. SPK-Group. Organization of environmentally friendly paint production : [website]. URL: <https://spk-group.pro/clauses/ekologichnoe-proizvodstvo>
16. Sergienko O. I. Evaluation of Resource Efficiency and Environmental Impact of Technological Processes at an Automotive Industry Enterprise. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO*. 2015. № 4. Pp. 342–352. (Ehkonomika i ehkologicheskii menedzhment). [Scientific journal of NRU ITMO (Economics and environmental management)]. EDN UYWPGR. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24899193>

17. Methodology for calculating emissions of pollutants into the atmosphere during the application of paints and varnishes (based on specific indicators): approved by Order No. 497 of the State Committee of the Russian Federation for Environmental Protection dated November 12, 1997; reviewed and approved at meeting No. 2 of the Scientific and Technical Council of JSC Research Institute "Atmosfera" dated January 14, 2021; developed by the Research Institute for Atmospheric Air Protection. St. Petersburg, 1997. 36 p. (In Russ.) URL: <https://www.nii-atmosphere.ru/wp-content/uploads/2021/08/utochn-metodika-lakokraska-2021.pdf>
18. Filatov M. I. Determining the Need for Paints and Varnishes at a Passenger Transport Enterprise. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii*. [Intelligence. Innovations. Investments]. 2017. № 2. Pp. 48–53. EDN YNLKBP. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29129385>
19. Solonnikova N. V. Organizational and Technical Measures to Improve Working Conditions in the Paint Shop of a Motor Transport Enterprise. *Nauchnye trudy KubGTU : ehlektronnyi setevoi politematicheskii zhurnal*. [Scientific works of KubSTU : electronic online polythematic journal]. 2019. № 3. Pp. 458–467. EDN TLHWAD. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38099018>
20. Chemists for car enthusiasts. [B. B. Bobovich, G. V. Brovak, B. M. Bunakov, et al.] ; edited by A. Ya. Malkin. 2nd ed., corrected. Leningrad : Chemistry : Leningrad Branch, 1991. 318 p. (In Russ.) ISBN 5-7245-0798-6.
21. Enamel AC-182 for special equipment. "Khimtek" : [website]. (In Russ.) URL: [https://himtekyar.ru/catalog/paints/as\\_182/](https://himtekyar.ru/catalog/paints/as_182/)

*Статья поступила 03.11.2025*

© Е. С. Сытник, Д. Ю. Пащенко, В. И. Безухов, П. В. Лаврентьев, 2025

*Рецензент: С. В. Никульшин, канд. техн. наук, доц.,*

*Автомобильно-дорожный институт*

*(филиал) ДонНТУ в г. Горловка*

***Е. С. Сытник, Д. Ю. Пащенко, В. И. Безухов, П. В. Лаврентьев***

**Экологическое обоснование организации малярного участка при проектировании станции технического обслуживания**

Проектирование экологически безопасных малярных участков станций технического обслуживания (СТО) становится критически важной задачей в связи со старением автопарка, расширением сети СТО и ужесточением природоохранного законодательства, требующего применения наилучших доступных технологий (НДТ).

Для экологического обоснования организации малярного участка, соответствующего принципам НДТ, и его интеграции в практическую схему проектирования СТО проведена систематизация и сравнительный анализ существующих инженерно-технических решений и методологических подходов.

Проведен аналитический обзор нормативных, технологических и методических источников. Для сравнительного анализа решений разработана система критериев, включающая экологическую эффективность (выбросы, отходы), ресурсную эффективность, соответствие приоритетам НДТ и целесообразность для СТО. Количественная оценка выполнена с применением официальной Методики расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (на основе удельных показателей), утвержденной Госкомэкологии России.

На основе системы критериев систематизированы существующие решения, разработана структурная схема комплексной системы экологизации и проведен их сравнительный анализ. Установлено, что максимальное соответствие принципу НДТ «предотвращение образования загрязнений» обеспечивает комплекс на основе технологии порошковой окраски с рекуперацией. Для базового (наихудшего с экологической точки зрения) сценария с использованием жидких лакокрасочных материалов выполнен расчет, показавший образование до 847 г/ч летучих органических соединений и 2 860 г/ч лакокрасочного аэрозоля, что задало объективную точку отсчета для сравнения.

Применение системного подхода, объединяющего сравнительный анализ решений по установленным критериям НДТ и инструменты количественной оценки, позволяет на этапе проектирования перейти от формального соответствия нормативам к инженерно обоснованному выбору технологий. Полученные результаты, в частности, оценка сравнительной ресурсоэффективности превентивных решений и технологий концевой очистки, подтверждают, что данный подход создает основу для проектирования конкурентоспособных и экологически устойчивых СТО.

**СТАНЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, УЧАСТОК МАЛЯРНЫЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ, НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, УТИЛИЗАЦИЯ, ВРЕДНЫЕ ВЫБРОСЫ, ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*E. S. Sytnik, D. Iu. Pashchenko, V. I. Bezukhov, P. V. Lavrentiev*

### **Environmental Justification for the Paint Shop Organization When Designing a Service Station**

Designing environmentally friendly paint shops for service stations (SS) is becoming a critical task due to the aging vehicle fleet, the expansion of the SS network, and the tightening of environmental legislation requiring the use of best available technologies (BAT).

The systematization and comparative analysis of existing engineering solutions and methodological approaches are carried out to provide the environmental justification for the organization of a paint shop that complies with BAT principles and its integration into the practical design scheme of a service station.

The analytical review of regulatory, technological and methodological sources is conducted. To compare solutions, a system of criteria, including environmental efficiency (emissions, waste), resource efficiency, compliance with BAT priorities, and feasibility for the service organization, is developed. The quantitative assessment is carried out using the official Methodology for calculating emissions of pollutants into the atmosphere during the application of paints and varnishes (based on specific indicators), approved by the State Committee on Ecology of Russia.

Based on the criteria system, existing solutions are systematized, a structural diagram of the integrated greening system is developed, and a comparative analysis is conducted. It is established that maximum compliance with the BAT principle of "prevention of pollution formation" is ensured by a complex based on powder coating technology with recovery. For the baseline scenario (worst-case scenario from an environmental point of view) using liquid paints and varnishes, the calculation is performed showing the formation of up to 847 g/h of volatile organic compounds and 2,860 g/h of paint and varnish aerosol, which provided an objective starting point for comparison.

The use of the systems approach, combining the comparative analysis of solutions based on established BAT criteria and quantitative assessment tools, allows for the transition from formal compliance with regulations to an engineering-based choice of technologies at the design stage. The results obtained, in particular the assessment of the comparative resource efficiency of preventive solutions and end-of-life cleaning technologies, confirm that this approach provides a basis for the design of competitive and environmentally sustainable service stations.

**SERVICE STATION, PAINT SHOP, ENVIRONMENTAL JUSTIFICATION, BEST AVAILABLE TECHNIQUES, RECYCLING, HARMFUL EMISSIONS, ENVIRONMENTAL PROTECTION**

#### **Сведения об авторах:**

##### **Сытник Елена Сергеевна**

Кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Автомобильный транспорт» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 2595-6775  
AutorID: 1209280  
ORCID 0009-0006-0652-1650  
Телефон: +7 949 720-59-57  
Эл. почта: ess007@bk.ru

##### **Пашченко Дмитрий Юрьевич**

Студент Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 5470-1368  
AuthorID: 1311000  
Телефон: +7 949 314-09-10  
Эл. почта: andr\_e@mail.ru

##### **Безухов Владислав Игоревич**

Магистрант Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

Телефон: +7 949 720-59-57

##### **Лаврентьев Павел Владимирович**

Магистрант Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

Телефон: +7 921 417-90-47

**Authors' information:****Sytnik Elena Sergeevna**

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor of the Chair "Automobile Transport" of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 2595-6775  
AutorID: 1209280  
ORCID 0009-0006-0652-1650  
Phone: +7 949 720-59-57  
Email: ess007@bk.ru

**Pashchenko Dmitrii Iurievich**

Student of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 5470-1368  
Author ID: 1311000  
Phone: +7 949 314-09-10  
Email: andr\_e@mail.ru

**Bezukhov Vladislav Igorevich**

Master's Student of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

Phone: +7 949 720-59-57

**Lavrentiev Pavel Vladimirovich**

Master's Student of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

Phone: +7 921 417-90-47

Н. А. Селезнева, А. О. Добровольский

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*Исследован системный кризис в сфере городских пассажирских перевозок, обусловленный противоречием между экономическими интересами перевозчиков и социальными требованиями к качеству услуг. Проанализирована деструктивная тенденция стихийной коммерциализации рынка и деградация инфраструктуры. В качестве ключевого инструмента оптимизации предложено внедрение комбинированных режимов движения, в частности, экспресс-сообщения, параллельного обычному маршруту. Разработана формализованная методология для обоснования и расчета параметров таких режимов, основанная на анализе пассажиропотоков. Практические расчеты на модельном примере демонстрируют рост эксплуатационной скорости и снижение потребности в подвижном составе, подтверждая социально-экономическую эффективность предлагаемого подхода.*

**Ключевые слова:** городской пассажирский транспорт, оптимизация перевозок, экспресс-режим движения, комбинированный режим движения, пассажиропоток, социально-экономическая эффективность, маршрутная сеть

**Для цитирования:** Селезнева, Н. А. Оптимизация городских пассажирских перевозок / Н. А. Селезнева, А. О. Добровольский // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2025. – № 4(55). – С. 22–32. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19912515>.

### Введение

Одной из основных проблем урбанизированного общества выступает организация пассажирских перевозок, находящаяся в тесной взаимосвязи с экономическими и социальными факторами развития, пространственным распределением населения и градостроительной политикой. Функциональная структура города подразумевает пространственное разделение жилых зон, центров занятости и объектов социально-культурного назначения. Координация между этими элементами обеспечивается системой городского пассажирского транспорта (ГПТ). Обеспечивая мобильность населения, ГПТ непосредственно воздействует на производительность труда, уровень доступности услуг, а также на культурное развитие и организацию досуга.

Доминирующую роль в перевозках в городских условиях играет автомобильный транспорт, функционирующий в крупнейших агломерациях как элемент интегрированной мультимодальной системы, а в городах меньшего масштаба – зачастую как единственная форма общественного транспорта. Основная функция ГПТ заключается в обеспечении регулярной транспортной доступности на всей территории города, что способствует пространственной интеграции районов в единую городскую систему.

Объем транспортного спроса детерминирован параметрами городской инфраструктуры, в первую очередь – схемой расселения и архитектурно-планировочными решениями. Таким образом, системы ГПТ представляют собой динамические комплексы, состоящие из управляемых, многоотраслевых и взаимосвязанных элементов. Формирование пассажиропотоков происходит под влиянием систем производства и потребления. Взаимное расположение пассажирообразующих и пассажиропоглощающих узлов данных систем порождает направленное движение пассажиров, характеризующееся определенной интенсивностью и временными интервалами [1–11].

Эволюция городских транспортных систем сопровождалась трансформацией критериев оценки их эффективности. Анализ функционирования ГПТ свидетельствует, что существующие недостатки в его организации, по мнению экспертного сообщества, приводят к значительному нерациональному расходованию материальных, финансовых и трудовых ресурсов, негативно отражающемуся на результатах общественного производства.

При этом организационные мероприятия, экономически эффективные для транспортных предприятий, далеко не всегда оптимальны с социальной точки зрения. Стремление к максимизации экономических показателей может повлечь негативные социальные последствия, такие как сокращение свободного времени граждан, снижение качества транспортного обслуживания и усугубление экологической обстановки. Отчасти это обусловлено действующей системой оценки деятельности перевозчиков, сфокусированной преимущественно на экономических результатах, в то время как качественные параметры обслуживания населения становятся второстепенными. В данном контексте особую актуальность приобретает исследование проблемы социально-экономической эффективности городских пассажирских перевозок, требующее комплексного подхода.

### *Анализ исследований и публикаций*

Инфраструктура городского пассажирского транспорта пришла в системный упадок из-за кризиса и перехода к новой экономической системе [4]. Бюджетный дефицит на содержание системы городского пассажирского транспорта привел к прогрессирующему сокращению эксплуатируемого парка электротранспорта и последовательной ликвидации маршрутной сети. Образовавшуюся рыночную нишу стали интенсивно заполнять автобусы и легковые автомобили индивидуального пользования. Это спровоцировало рост интенсивности дорожного движения, увеличение частоты и продолжительности заторов на улично-дорожной сети, а также снижение средней скорости сообщения в городской среде.

Наиболее критическая деградация наблюдалась в сфере автомобильного транспорта общего пользования, предприятия которого уже на начальном этапе реформ характеризовались убыточностью и не входили в состав коммунальной собственности [3–6].

Рынок городских перевозок был стихийно оккупирован частными операторами, зачастую не обладающими необходимой технической базой, не обеспечивающими должный уровень безопасности пассажиров и систематически нарушающими положения нормативно-правовых актов, при этом пользующимися преференциальным налоговым режимом по сравнению с юридическими лицами [8]. Параллельно значительная доля рынка была занята нелегальными перевозчиками, практикующими произвольное завышение тарифов, несоблюдение регламентов труда и отдыха водительского состава, а также необоснованную замену автобусов большой вместимости на микроавтобусы [7–8].

Таким образом, в настоящее время для современной системы городских автобусных перевозок характерны следующие системные дисфункции: необоснованное формирование маршрутной сети, гипертрофированная конкуренция, низкое качество транспортных услуг, сокращение бюджетных поступлений и повышенные риски для здоровья пассажиров. Особенно остро данные проблемы проявляются в отдельных городах ДНР с учетом дефицита не только материально-технической базы, но и кадрового состава.

Помимо указанных негативных тенденций отмечается фундаментальное расхождение интересов субъектов рынка: коммерческие перевозчики ориентированы на максимизацию краткосрочной прибыли, городское население – на перемещение в комфортных и безопасных условиях, а органы местного самоуправления – на создание рабочих мест, формальное насыщение города подвижным составом и рост фискальных доходов. В этой ситуации задачи повышения качества транспортного обслуживания и регулирования процессов автомобилизации отходят на второй план. Сформировавшийся комплекс противоречий между участниками рынка на фоне меняющихся социально-экономических условий привел к возникновению устойчивого системного кризиса в сфере городских пассажирских перевозок.

Вопросам разработки теоретических основ и прикладных методов управления пассажирскими перевозками посвящены работы отечественных и зарубежных ученых, таких как М. Д. Блатнов, Е. П. Володин, А. В. Вельможин, Л. Г. Заенчик, А. Б. Миротин, И. В. Спирин, Н. Б. Островский и др. [1–11].

**Целью статьи** является рассмотрение вопросов оптимизации городских пассажирских перевозок с учетом внедрения комбинированных режимов движения на городских автобусных маршрутах.

### **Основные результаты исследования**

Увеличение пассажирооборота обусловило потребность в привлечении дополнительного подвижного состава для обслуживания маршрутов общего пользования и выполнения заказных перевозок для юридических и физических лиц. Однако развитие сферы пассажирских автомобильных перевозок носит фрагментарный характер: инвестиционные ресурсы, преимущественно частные, направляются на обновление парка транспортных средств, вместимость которых зачастую не соответствует интенсивности потоков на маршрутах, но позволяет обеспечить быструю окупаемость вложений в основные средства.

Разнообразие режимов движения (обычный, экспрессный, режим маршрутного такси) на одной линии, обусловленное технологической гибкостью, является характерной особенностью именно автомобильного транспорта. Исключения составляют единичные случаи адаптации аналогичных технологических решений для троллейбусных систем.

Следствием описанной тенденции стало чрезмерное насыщение транспортной сети автобусами малой вместимости, функционирующими в режиме маршрутного такси, что привело к росту операционных издержек, нерациональному расходованию топливно-энергетических ресурсов, снижению уровня безопасности перевозок и усугублению дорожно-транспортной обстановки.

Для городских и пригородных перевозок основного типа с обычным режимом движения парк должен формироваться из автобусов, обладающих широкими проходами и площадками для размещения стоящих пассажиров. Их вместимость и количество на маршруте подлежат определению на основе государственных социальных нормативов транспортного обслуживания, устанавливающих, что на одном квадратном метре свободной площади пола допускается перевозить не более пяти (а в перспективе – трех) пассажиров. Перевозчик, отобранный по результатам конкурсных процедур, обязан использовать на маршруте транспортные средства, соответствующие утвержденной структуре парка, или гарантировать их обновление в сроки, установленные заказчиком.

Пассажиропотоки в городских условиях характеризуются значительной пространственно-временной изменчивостью по сезонам, дням недели, часам суток и направлениям движения. Неравномерность распределения пассажиропотоков на маршруте количественно выражается коэффициентом неравномерности ( $\eta_n$ ), определяемым согласно формуле (1):

$$\eta_n = \frac{P_{\max}}{P_{cp}}, \quad (1)$$

где  $P_{\max}$  – максимальный пассажиропоток, пасс.км;

$P_{cp}$  – средний пассажиропоток, пасс.км.

Для крупных городов  $\eta_n$  примерно равен: по месяцам года – 1,1–1,2; по дням недели – 1,15–1,2; по часам суток – 1,5–2,0; по направлениям – 1,2–1,5 [9].

Транспортное обслуживание на городских маршрутах реализуется посредством двух базовых форм организации движения: основного (обычного) и дополнительного. Дополнительная форма функционирует в режимах маршрутного такси и (или) экспрессного движения автобусов. Ключевым отличием данных режимов от обычного является предоставление пассажирам услуг повышенной комфортности, что включает гарантированную посадку, сокращение временных затрат на поездку и возможность остановки по требованию.

С формальной точки зрения режимы характеризуются следующими параметрами:

1. Обычный (основной) режим: подразумевает остановку подвижного состава на всех пунктах остановочного пункта, утвержденных паспортом маршрута.

2. Экспрессный режим: предполагает движение с остановками лишь на части утвержденных остановочных пунктов, что обеспечивает повышение средней маршрутной скорости.

3. Режим маршрутного такси: осуществляется с остановками, которые, за исключением конечных, не регламентированы паспортом маршрута и выполняются по инициативе пассажиров. Обязательным условием является оснащение транспортного средства исключительно сидячими местами.

Внедрение экспрессного режима является эффективным инструментом оптимизации пассажирских перевозок на маршрутах общего пользования, в особенности в периоды максимальной нагрузки («часы пик»). Данный режим может быть интегрирован в действующую маршрутную сеть двумя способами: в качестве элемента комбинированного режима (совместно с обычным на одном маршруте) или в виде автономного маршрута. Таким образом, процесс выбора режима сводится к решению о целесообразности применения комбинированного варианта и определению его конкретной конфигурации.

Фундаментальная задача при проектировании комбинированного режима заключается в идентификации на маршруте участков с уровнем пассажиропотока, экономически и операционно оправдывающим дифференциацию способов организации сообщения. Целью внедрения экспрессного режима в системе городского пассажирского транспорта является повышение эффективности транспортного обслуживания через оптимизацию временных и ресурсных затрат при обеспечении требуемого качества услуг для населения.

На основании синтеза результатов исследований отечественных и зарубежных авторов, разработку мероприятий по совершенствованию организации перевозок на городских маршрутах целесообразно осуществлять в соответствии с формализованным алгоритмом, включающим последовательное решение ряда задач с применением экспрессного режима движения подвижного состава (рисунок 1).



Рисунок 1 – Алгоритм усовершенствования перевозок на городских автобусных маршрутах посредством внедрения экспрессного режима движения

Основу планирования перевозочного процесса на городских маршрутах формируют два ключевых фактора: существующий спрос на транспортные услуги и операционные возможности транспортной системы. Для повышения эффективности функционирования пассажирского транспорта необходима комплексная информация о пространственно-временном распределении пассажиропотоков (пункты зарождения и поглощения, суточные объемы перевозок), наличном подвижном составе, а также параметрах эксплуатационных условий.

Исследование спроса осуществляется в соответствии с утвержденными методическими нормативами [12–13]. Они основаны на принципах сплошного или выборочного обследования и позволяют верифицировать фактическую интенсивность пассажиропотоков по направлениям (рисунок 1, блок 1). Выбор конкретного метода находится в компетенции разработчика и обусловлен спектром решаемых задач, требуемой точностью вычислений и доступными ресурсами. Фундаментом для последующих расчетов служит матрица маршрутных корреспонденций, сформированная по данным проведенных обследований. Итогом данного этапа является получение прогнозных значений объемов пассажирских сообщений (рисунок 1, блок 2).

Структурирование перевозочного процесса на маршруте базируется на анализе характеристик пассажиропотока, трассировки маршрута и технико-эксплуатационных показателей используемого транспорта (рисунок 1, блок 3). На основе указанных параметров производится расчет уровня транспортного обслуживания населения и оценка экономической эффективности работы транспортных средств (рисунок 1, блок 4). Результаты проведенного анализа позволяют идентифицировать маршруты, организация движения на которых требует оптимизации (рисунок 1, блок 5).

Определение параметров комбинированных режимов движения представляет сложную аналитическую задачу ввиду многофакторной взаимозависимости переменных. Наиболее достоверным методом решения является применение математического моделирования. В зависимости от потенциальной возможности внедрения экспресс-режима задаются граничные условия модели и проводится оптимизация ее ключевых параметров (рисунок 1, блок 6). Параллельно в качестве оптимизационных переменных могут рассматриваться не только количественный состав подвижного состава, задействованного в различных режимах, но и тарифная политика.

Оценка экономической целесообразности внедрения экспресс-режима осуществляется на этапе, соответствующем блоку 7 (рисунок 1). Для выбранного рационального варианта организации перевозок разрабатывается график движения и устанавливаются режимы работы транспортных единиц (рисунок 1, блок 8).

Заключительной фазой методологии совершенствования городских маршрутных перевозок является организация внедрения разработанных мероприятий (рисунок 1, блок 9). Отличительной чертой данного этапа является мониторинг динамики развития маршрута, прогнозирование результатов внедрения и управление переходным периодом до выхода системы на проектные эксплуатационные показатели.

Проведем обоснование внедрения экспресс-режима движения (на примере блока 5, рисунок 1).

Анализ данных обследования пассажиропотока (рисунок 1, блок 1) и эюр распределения пассажирооборота по остановочным пунктам может выявить ситуацию, при которой на ряде промежуточных остановок фиксируется незначительный пассажирооборот (рисунок 2, остановки № 3–8). При этом основные объемы посадки пассажиров приходятся на начальный участок маршрута, а высадки – на конечный. Такая пространственная структура пассажиропотока указывает на высокую долю транзитных пассажиров и создает предпосылки для организации движения по тому же коридору маршрута с ограниченным числом остановок, то есть в экспресс-режиме. В представленном случае целесообразно исключить из маршрута следования 6 промежуточных остановок (№ 3–8). Экспресс-маршрут эффективен только при параллельном функционировании с обычным (локальным) маршрутом, при этом количество

остановочных пунктов на экспресс-маршруте не должно превышать 25 % от их числа на основном маршруте. Критерием результативности введения экспресс-режима является рост эксплуатационной скорости сообщения.

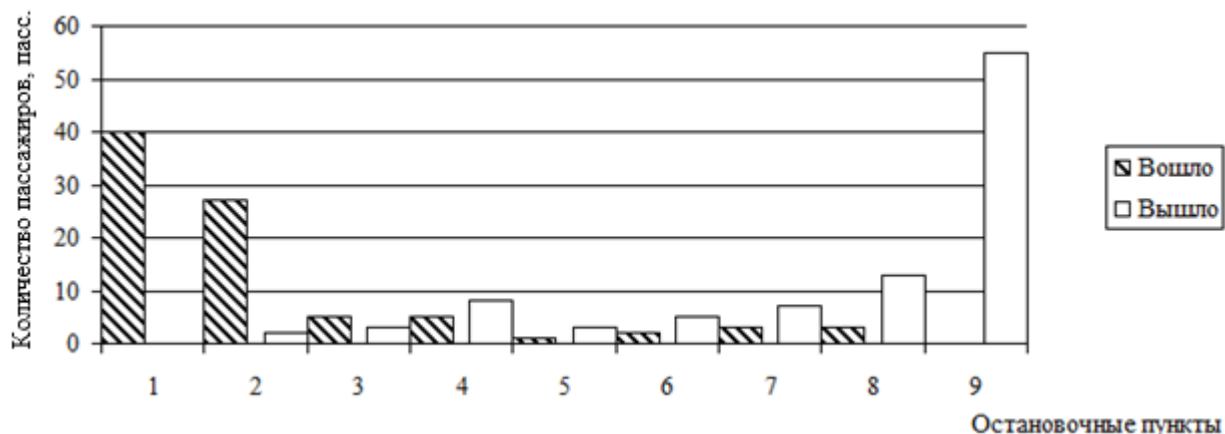


Рисунок 2 – Эпюра пассажирооборота на остановочных пунктах

В рамках исследования на примере городского автобусного маршрута выполним расчет базовых технико-эксплуатационных показателей, характеризующих функционирование автобусного парка в условиях введения экспрессного сообщения.

Примем следующие исходные данные для проведения расчетов по маршруту:

- протяженность трассы ( $L_m$ ) – 13 км;
- продолжительность оборотного рейса для основного маршрута ( $T_{об}^{осн}$ ) – 66 минут;
- общее число остановочных пунктов ( $n$ ) – 23 единицы.

Анализ пассажиропотоков показал, что 17 остановочных пунктов из указанного количества характеризуются низким уровнем пассажирооборота. Данное обстоятельство свидетельствует о наличии объективных предпосылок для трансформации существующего обычного маршрута в экспрессный режим обслуживания.

Процедура организации экспрессного сообщения требует проведения специализированных расчетов, включающих следующие этапы:

1. Определение времени оборота экспрессного маршрута:

$$T_{об}^{экс} = T_{об}^{осн} - \frac{n \cdot t_{но}}{60} = 66 - \frac{17 \cdot 45}{60} = 53 \text{ мин}, \quad (2)$$

где  $n$  – количество остановок, которые исключаются из маршрута;

$t_{но}$  – время простоя на промежуточных остановках, с, принимаем равным 45 с.

2. Определение количества автобусов для работы на основном (обычном) маршруте:

$$A_m^{осн} = \frac{Q_{\max} \cdot T_{об}^{осн}}{q_{вм} \cdot 60} = \frac{737 \cdot 66}{67 \cdot 60} = 12 \text{ авт.}, \quad (3)$$

где  $Q_{\max}$  – максимальный пассажиропоток в час пик на участке АС, пасс. (рисунок 3) (принимаем равным 737 пасс.);

$q_{вм}$  – вместимость автобуса, пасс., принимаем равной 67 пасс.

3. Определение количества автобусов для работы на экспрессном маршруте:

$$A_m^{экс} = \frac{Q_{\max} \cdot T_{об}^{экс}}{q_{вм} \cdot 60} = \frac{737 \cdot 53}{67 \cdot 60} = 10 \text{ авт.} \quad (4)$$

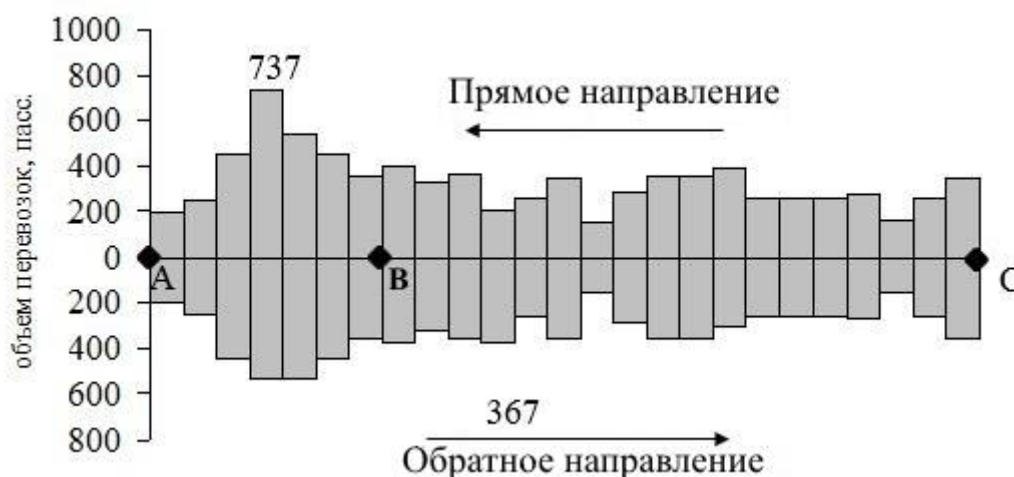


Рисунок 3 – Эпюра распределения пассажиропотока по участкам маршрута

4. Определение интервалов движения на основном и экспрессном маршрутах по формулам (5) и (6):

$$I_{осн} = \frac{T_{об}^{осн}}{A_{м}^{осн}} = \frac{66}{12} \approx 5,5 \text{ мин.}, \quad (5)$$

$$I_{экс} = \frac{T_{об}^{экс}}{A_{м}^{экс}} = \frac{53}{10} \approx 5,3 \text{ мин.} \quad (6)$$

5. Определение эксплуатационных скоростей движения на основном и экспрессном маршрутах по формулам (7) и (8):

$$V_{э}^{осн} = \frac{2 \cdot L_{м}}{T_{об}^{осн}} = \frac{2 \cdot 13 \cdot 60}{66} = 23,6 \text{ км/ч.}, \quad (7)$$

$$V_{э}^{экс} = \frac{2 \cdot L_{м}}{T_{об}^{экс}} = \frac{2 \cdot 13 \cdot 60}{53} = 29,4 \text{ км/ч.} \quad (8)$$

Проведенный анализ количественных показателей свидетельствует об экономической эффективности и операционной целесообразности внедрения экспресс-маршрута, т. к.  $V_{э}^{осн} = 23,6 \text{ км/ч} < V_{э}^{экс} = 29,4 \text{ км/ч}$ .

### Выводы

В сфере городских перевозок сложилась дисфункциональная система, характеризующаяся гиперконкуренцией, доминированием маловместительного транспорта, низким качеством услуг и противоречиями интересов перевозчиков, населения и властей. Внедрение экспрессного режима (с ограниченным числом остановок) наряду с обычным позволяет оптимизировать перевозки, особенно в часы пик. Это повышает эксплуатационную скорость, снижает временные затраты пассажиров и улучшает использование ресурсов.

Предложен алгоритм оптимизации перевозок, включающий анализ пассажиропотоков, моделирование режимов движения, оценку экономической целесообразности и разработку графиков движения. Критерием эффективности выступает рост эксплуатационной скорости.

На примере автобусного маршрута (13 км, 23 остановки) было показано, что исключение 17 низконагруженных остановок при экспресс-режиме позволяет: увеличить эксплуатационную скорость с 11,8 км/ч (обычный режим) до 15,3 км/ч (экспресс); сократить интервалы движения.

Оптимизация городских пассажирских перевозок через комбинированные режимы способствует согласованию экономических интересов перевозчиков и социальных требований населения (комфорт, безопасность, доступность). Это частично решает проблему противоречия между экономической эффективностью и качеством услуг.

Внедрение предложенных в работе мероприятий требует четкого регулирования (соответствие парка нормативам, конкурсный отбор перевозчиков) и постоянного мониторинга пассажиропотоков для адаптации режимов движения подвижного состава на маршрутах.

Таким образом, предложенный подход к оптимизации городских пассажирских перевозок демонстрирует, что гибкое комбинирование режимов движения на автобусных маршрутах является эффективным инструментом повышения качества и экономической устойчивости автобусных перевозок, особенно в условиях неравномерного распределения пассажиропотоков.

*Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.*

### **Список литературы**

1. Скирковский, С. В. Методика повышения эффективности перевозок пассажиров городским маршрутизированным транспортом / С. В. Скирковский, В. Н. Седюкевич, П. А. Пегин. – Текст : электронный // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – № 1. – С. 69–77. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-povysheniya-effektivnosti-perevozk-passazhirov-gorodskim-marshrutizirovannym-transportom> (дата обращения: 24.11.2025).
2. Аземша, С. А. Оценка эффективности оптимизации расписания движения городского пассажирского транспорта на дублирующих участках / С. А. Аземша, И. Н. Кравченя. – Текст : электронный // Вестник СибАДИ. – 2021. – Т. 18, № 1(77). – С. 72–85. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-optimizatsii-raspisaniya-dvizheniya-gorodskogo-passazhirskogo-transporta-na-dubliruyuschih-uchastkah> (дата обращения: 25.11.2025).
3. Эффективность городского пассажирского общественного транспорта : монография / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, А. В. Куликов, А. А. Сериков. – Волгоград : ВолгГТУ, 2002. – 256 с. – ISBN 5-230-03881-3. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25525268> (дата обращения: 25.11.2025). – Текст : электронный.
4. Вельможин, А. В. Теория организации и управления автомобильными перевозками: логистический аспект формирования перевозочных процессов : монография / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин ; М-во образования Российской Федерации, Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград : Политехник, 2001. – 176 с. – ISBN 5-230-03881-3.
5. Андреев, К. П. Совершенствование городской маршрутной сети / К. П. Андреев. – Текст : электронный // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 3(19). – С. 102–106. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-gorodskoy-marshrutnoy-seti> (дата обращения: 26.11.2025).
6. Паршакова, К. А. Моделирование оптимального интервала движения пассажирских автотранспортных средств по маршрутам регулярных перевозок с учетом региональных особенностей / К. А. Паршакова. – Текст : электронный // Шаг в науку. – 2019. – № 2. – С. 53–55. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-optimalnogo-interval-dvizheniya-passazhirskih-avtotransportnyh-sredstv-po-marshrutam-regulyarnyh-perevozk-s> (дата обращения: 26.11.2025).
7. Назарова, В. Х. Современные тенденции развития городского пассажирского транспорта / В. Х. Назарова. – Текст : электронный // Экономика и социум. – 2022. – № 12(103)-1. – С. 789–794. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-razvitiya-gorodskogo-passazhirskogo-transporta> (дата обращения: 27.11.2025).
8. Колебер, Ю. А. Логистическая система городского пассажирского транспорта общего пользования / Ю. А. Колебер, С. М. Мочалин. – Текст : электронный // Известия Транссиба. – 2023. – № 3(55). – С. 84–93. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/logisticheskaya-sistema-gorodskogo-passazhirskogo-transporta-obshchego-polzovaniya> (дата обращения: 28.11.2025).
9. Дерипас, А. Ю. Городские пассажирские автомобильные перевозки: проблемы и решения / А. Ю. Дерипас. – Текст : электронный // Вестник ТОГУ. – 2007. – № 2(5). – С. 117–126. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gorodskie-passazhirskie-avtomobilnye-perevozki-problemy-i-resheniya> (дата обращения: 01.12.2025).
10. Колебер, Ю. А. Развитие понятийного аппарата в области оценки организации городских пассажирских перевозок / Ю. А. Колебер, С. М. Мочалин. – Текст : электронный // International Journal of Advanced Studies: Transport and Information Technologies. – 2024. – Vol. 14, № 1. – С. 136–155. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-ponyatiynogo-apparata-v-oblasti-otsenki-organizatsii-gorodskih-passazhirskih-perevozk> (дата обращения: 02.12.2025).
11. Мочалин, С. М. Формирование расчетных показателей для оценки результативности функционирования системы городского общественного пассажирского транспорта / С. М. Мочалин, М. Е. Каспер. – Текст : электронный // Вестник СибАДИ. – 2017. – № 6(58). – С. 37–47. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-raschyotnyh-pokazateley-dlya-otsenki-rezultativnosti-funktsionirovaniya-sistemy-gorodskogo-obshchestvennogo> (дата обращения: 03.12.2025).

12. Об утверждении Правил перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (с изменениями и дополнениями) : утверждены постановлением Правительства РФ от 01 октября 2020 г. № 1586 : с изменениями и дополнениями от 25 августа 2021 г., 23 марта 2024 г. : введены 01.01.2021 г. : срок действия до 01.01.2027 г. – URL: <https://base.garant.ru/74714924/> (дата обращения: 04.12.2025). – Текст : электронный.
13. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 02.07.01-89 : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2016 г. № 1034/пр. / разработан ФГБУ ЦНИИП Минстроя России при участии Москомархитектуры, МАДИ, ГУП НИИПИ Генплана Москвы, ООО «Институт общественных зданий», АО НПЦ ГИПРОЗДРАВ, ОАО «Гипрогор» : введен 01 июля 2017 г. – URL: <https://rkc56.ru/attach/orenburg/docs/kodeks/SP-42-13330-2016-Svod-pravil-Gradostroitelstvo.pdf?ysclid=ml6ifhmd1816917347> (дата обращения: 05.12.2025). – Текст : электронный.

## References

1. Skirkovskii S. V. Methodology for Improving the Efficiency of Passenger Transportation by Urban Routed Transport. S. V. Skirkovskii, V. N. Sedyukovich, P. A. Pegin. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intelligence. Innovations. Investments]. 2017. № 1. Pp. 69–77. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-povysheniya-effektivnosti-perevozk-passazhirov-gorodskim-marshrutizirovannym-transportom>
2. Azemsha S. A. Efficiency Assessment of Optimizing the Schedule of Urban Passenger Transport on Duplicate Sections. S. A. Azemsha, I. N. Kravchenia. *Vestnik SibADI*. [SibADI Bulletin]. 2021. Vol. 18, № 1(77). Pp. 72–85. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-optimizatsii-raspisaniya-dvizheniya-gorodskogo-passazhirskogo-transporta-na-dubliruyuschih-uchastkah>
3. Efficiency of Urban Passenger Public Transport : monograph. A. V. Velmozhin, V. A. Gudkov, A. V. Kulikov, A. A. Serikov. Volgograd : VolGTU, 2002. 256 p. ISBN: 5-230-03881-3. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25525268>.
4. Velmozhin A. V. Theory of Organization and Management of Automobile Transportation: the Logistic Aspect of Formation of Transportation Processes : monograph. A. V. Velmozhin, V. A. Gudkov, L. B. Mirotin; Ministry of Education of the Russian Federation, Volgograd State Technical University. Volgograd : Polytechnic, 2001. 176 p. ISBN 5-230-03881-3. (In Russ.)
5. Andreev K. P. Improving the Urban Route Network. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem*. [Reliability and Quality of Complex Systems]. 2017. № 3(19). Pp. 102–106. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-gorodskoy-marshrutnoy-seti>
6. Parshakova K. A. Modelling the Movement Optimal Interval of Passenger Vehicles along Regular Transportation Routes Taking into Account Regional Characteristics. *Shag v nauku*. [Step into Science]. 2019. № 2. Pp. 53–55. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-optimalnogo-interval-dvizheniya-passazhirskih-avtotransportnyh-sredstv-po-marshrutam-regulyarnyh-perevozk-s>
7. Nazarova V. Kh. Current Trends in the Urban Passenger Transport Development. *Ehkonomika i sotsium*. [Economy and Society]. 2022. № 12(103)-1. Pp. 789–794. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-razvitiya-gorodskogo-passazhirskogo-transporta>
8. Koleber Yu. A. Logistics System of Public Urban Passenger Transport. Yu. A. Koleber, S. M. Mochalin. *Izvestiya Transsiba*. [Transsib News]. 2023. № 3(55). Pp. 84–93. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/logisticheskaya-sistema-gorodskogo-passazhirskogo-transporta-obschego-polzovaniya>
9. Deripas A. Yu. Urban Passenger Automobile Transportation: Problems and Solutions. *Vestnik TOGU*. [Bulletin of Pacific National University]. 2007. № 2(5). Pp. 117–126. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gorodskie-passazhirskie-avtomobilnye-perevozki-problemy-i-resheniya>
10. Koleber Yu. A. Conceptual Apparatus Development in Assessing the Urban Passenger Transportation Organization. Yu. A. Koleber, S. M. Mochalin. *International Journal of Advanced Studies: Transport and Information Technologies*. 2024. Vol. 14, № 1. Pp. 136–155. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-ponyatiynogo-apparata-v-oblasti-otsenki-organizatsii-gorodskih-passazhirskih-perevozk>
11. Mochalin S. M. The Calculated Indicators' Formation for The Public Passenger Transportation System's Evaluation. S. M. Mochalin, M. E. Kasper. *Vestnik SibADI*. [SibADI Bulletin]. 2017. № 6(58). Pp. 37–47. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-raschyotnyh-pokazateley-dlya-otsenki-rezultativnosti-funktsionirovaniya-sistemy-gorodskogo-obschestvennogo>
12. On approval of the Rules for the carriage of passengers and baggage by road and urban ground electric transport (with amendments and additions) : approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of October 1, 2020 No. 1586 : with amendments and additions of August 25, 2021, March 23, 2024 : introduced on January 1, 2021 : valid until January 1, 2027. (In Russ.) URL: <https://base.garant.ru/74714924/>

13. SP 42.13330.2016. Code of Practice. Urban Development. Planning and Development of Urban and Rural Settlements. Updated version of SNiP 02.07.01-89: approved by Order of the Ministry of Construction, Housing and Communal Services of the Russian Federation dated December 30, 2016 No. 1034/pr.; developed by the Federal State Budgetary Institution Central Research Institute of Urban Planning of the Ministry of Construction of Russia with the participation of the City of Moscow Architecture and Urban Planning Committee, MADI, State Unitary Enterprise Research and Design Institute of General Plan of Moscow, Institute of Public Buildings LLC, Scientific and Production Center GIPROZDRAV JSC, and Giprogor OJSC: introduced on July 1, 2017. (In Russ.) URL: <https://rkc56.ru/attach/orenburg/docs/kodeks/SP-42-13330-2016-Svod-pravil-Gradostroitelstvo.pdf?ysclid=ml6ifhmhd1816917347>

*Статья поступила 08.12.2025*

*© Н. А. Селезнева, А. О. Добровольский, 2025*

*Рецензент: Н. Н. Дудникова, канд. техн. наук, доц.,  
Автомобильно-дорожный институт  
(филиал) ДонНТУ в г. Горловка*

***Н. А. Селезнева, А. О. Добровольский***  
**Оптимизация городских пассажирских перевозок**

Статья посвящена решению системного кризиса в сфере городских пассажирских перевозок, вызванного конфликтом между коммерческими интересами перевозчиков и социальными требованиями к качеству услуг. Авторами анализируются деструктивные последствия стихийной коммерциализации рынка, выражающиеся в деградации инфраструктуры, доминировании маловместительного транспорта и снижении безопасности движения.

В качестве ключевого решения предлагается оптимизация перевозок через внедрение комбинированных режимов движения, в частности, экспресс-сообщения, работающего параллельно обычному маршруту. Целью такого подхода является повышение эксплуатационной скорости, сокращение временных затрат пассажиров и рациональное использование подвижного состава.

В работе представлена формализованная методология обоснования и расчета параметров комбинированных режимов, основанная на детальном анализе пассажиропотоков. Методология включает последовательные этапы: обследование и прогнозирование пассажиропотоков, анализ маршрутной сети, идентификацию участков для оптимизации, математическое моделирование параметров экспресс-режима, оценку экономической целесообразности и разработку графиков движения.

Практическая эффективность подхода продемонстрирована на модельном примере городского автобусного маршрута протяженностью 13 км с 23 остановками. Расчеты показали, что исключение 17 низконагруженных остановок для организации экспресс-режима позволяет увеличить эксплуатационную скорость с 11,8 до 15,3 км/ч и сократить требуемое количество автобусов, подтверждая социально-экономическую эффективность.

Авторы делают вывод, что гибкое комбинирование режимов движения является действенным инструментом для согласования экономических интересов перевозчиков с социальными требованиями населения к комфорту, доступности и безопасности, способствуя преодолению системного кризиса в городском транспорте.  
ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ ТРАНСПОРТ, ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, ЭКСПРЕСС-РЕЖИМ ДВИЖЕНИЯ, КОМБИНИРОВАННЫЙ РЕЖИМ ДВИЖЕНИЯ, ПАССАЖИРОПОТОК, СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, МАРШРУТНАЯ СЕТЬ

***N. A. Selezneva, A. O. Dobrovolskii***  
**Optimization of Urban Passenger Transportation**

The article is devoted to resolving the systemic crisis in the field of urban passenger transportation, caused by the conflict between the commercial interests of carriers and social requirements for the quality of services. The authors analyze the destructive consequences of spontaneous commercialization of the market, expressed in the degradation of infrastructure, the dominance of low-capacity transport and a decrease in traffic safety.

The key solution proposed is to optimize transportation through the introduction of combined modes of travel, in particular, express service operating parallel to the regular route. The aim of this approach is to increase operating speed, reduce passenger time spent and ensure rational use of rolling stock.

The paper presents a formalized methodology for substantiating and calculating the parameters of combined modes, based on a detailed analysis of passenger flows. The methodology includes successive stages: survey and forecasting of

passenger flows, analysis of the route network, identification of sections for optimization, mathematical modeling of express mode parameters, assessment of economic feasibility, and development of travel schedules.

The practical effectiveness of the approach is demonstrated using a model example of a 13 km long city bus route with 23 stops. Calculations have shown that eliminating 17 low-load stops to organize express mode allows for an increase in operating speed from 11,8 to 15,3 km/h and a reduction in the required number of buses, confirming socio-economic efficiency.

The authors conclude that flexible combination of travel modes is an effective tool for aligning the economic interests of carriers with the social demands of the population for comfort, accessibility, and safety, helping to overcome the systemic crisis in urban transport.

URBAN PASSENGER TRANSPORT, TRANSPORTATION OPTIMIZATION, EXPRESS MODE OF MOVEMENT, COMBINED MODE OF MOVEMENT, PASSENGER FLOW, SOCIO-ECONOMIC EFFICIENCY, ROUTE NETWORK

#### Сведения об авторах:

##### **Селезнева Надежда Алексеевна**

Кандидат экономических наук, доцент,  
доцент кафедры «Транспортные технологии» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 5174-0714

Телефон: +7 949 337-52-08

Эл. почта: nadejda2802@mail.ru

##### **Добровольский Александр Олегович**

Магистрант Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

Телефон: +7 949 336-84-88

Эл. почта: sansav09012005@gmail.com

#### Authors' information:

##### **Selezneva Nadezhda Alekseevna**

Candidate of Economic Sciences,  
Associate Professor of the Chair "Transport Technologies" of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 5174-0714

Phone: +7 949 337-52-08

Email: nadejda2802@mail.ru

##### **Dobrovolskii Aleksandr Olegovich**

Master's Student of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

Phone: +7 949 336-84-88

Email: sansav09012005@gmail.com

УДК 620.17:537.876.23

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.20033398>**Л. П. Вовк, Е. С. Кисель****ВОЛНОВЫЕ ПОЛЯ В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ  
НЕОДНОРОДНЫХ ТЕРМОУПРУГИХ МАТЕРИАЛОВ**

*Статья посвящена разработке подхода к диагностике скрытых дефектов и неоднородностей в материалах, испытывающих термоупругие напряжения. Основное внимание уделяется анализу особенностей волновых полей, возбуждаемых в таких средах. Установлена корреляция между изменяющимися параметрами среды и модификацией ключевых характеристик волны. Полученные зависимости формируют основу для нового диагностического алгоритма.*

**Ключевые слова:** конечный элемент, численный анализ, математическое моделирование аварийных ситуаций, термоупругость, волновые поля, диагностика, неоднородные среды, численное моделирование, неразрушающий контроль

**Для цитирования:** Вовк, Л. П. Волновые поля в задачах диагностики неоднородных термоупругих материалов / Л. П. Вовк, Е. С. Кисель // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2025. – № 4(55). – С. 33–41. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20033398>.

**Постановка проблемы**

Современные инженерные конструкции и элементы машин (в аэрокосмической отрасли, энергетике, микроэлектронике) часто работают в условиях экстремальных термических и механических нагрузок. Это приводит к возникновению сложных термоупругих напряжений, которые, в свою очередь, могут являться причиной зарождения и развития скрытых дефектов: микротрещин, областей пластической деформации, расслоений в композитах. Своевременное выявление таких неоднородностей критически важно для прогнозирования ресурса и предотвращения аварийных ситуаций.

Существующие методы неразрушающего контроля (ультразвуковые, вибрационные, тепловые) демонстрируют значительные трудности при диагностике материалов в условиях активного термосилового воздействия. Традиционные подходы часто рассматривают материал детали как изотропную и однородную среду, не учитывая существенного влияния градиента температуры на упругие свойства материала и, как следствие, на параметры распространяющегося в нём волнового поля. Изменения скорости, амплитуды, частотного спектра и фронта волн, вызванные неоднородностями, маскируются более сильными эффектами от глобального температурного поля. В результате снижается точность локализации дефектов, падает чувствительность к микронеоднородностям, а интерпретация данных становится сложной и неоднозначной.

Возникает ключевая научно-техническая проблема: отсутствие эффективных методов диагностики скрытых дефектов и неоднородностей непосредственно в условиях действующего термоупругого нагружения, основанных на адекватном физическом описании взаимодействия волнового поля с неоднородной термоупругой средой. Для её решения необходимо разработать подход, который позволит не просто регистрировать волновой отклик, но и корректно выделять из него информативную компоненту, обусловленную именно локальными изменениями свойств материала (дефектами), отделяя её от фонового влияния нестационарного температурного поля. Это требует комплексного исследования закономерностей распространения и трансформации волновых полей в средах с пространственно-переменными термоупругими характеристиками.

### *Анализ последних исследований и публикаций*

В последние годы наблюдается активное развитие методов диагностики материалов, основанных на анализе волновых полей. Исследования в этой области сосредоточены на совершенствовании как экспериментальных методик (лазерная виброметрия, акустическая эмиссия) [1, 2], так и численных подходов для решения обратных задач [3]. Особое внимание уделяется гибридным методам, сочетающим инфракрасную термографию и ультразвуковой контроль [4], что позволяет получать более полную информацию о состоянии материала.

Анализ публикаций показывает, что классические подходы к интерпретации данных волновой диагностики часто оказываются недостаточно эффективными для сильно неоднородных сред, таких как композиты или функционально-градиентные материалы, особенно в условиях температурных градиентов. Традиционные методы, основанные на сравнении с эталонными сигналами, не всегда учитывают сложную взаимосвязь между термоупругими свойствами, динамикой волновых процессов и геометрией объекта.

В качестве перспективного направления в научной литературе выделяется применение методов машинного обучения и глубокого обучения для автоматического выделения признаков дефектов из сложных волновых сигналов [5]. Параллельно развивается направление, связанное с созданием высокоточных конечно-элементных и спектральных моделей, способных адекватно описывать распространение волн в неоднородных средах при термомеханическом нагружении [6]. Эти модели служат основой для создания «цифровых двойников» диагностируемых объектов.

Современный тренд заключается в интеграции физического моделирования, продвинутых численных методов и алгоритмов искусственного интеллекта. Однако, несмотря на значительный прогресс, проблема создания универсального, быстрого и точного диагностического алгоритма для объектов в условиях реального нестационарного термоупругого состояния остаётся актуальной и требует дальнейших исследований, направленных на разработку новых физико-математических моделей и методов обработки сигналов.

### *Цель исследования*

Создание метода волновой диагностики неоднородностей в термоупругих средах на основе анализа искажений волнового поля.

В результате будут решены задачи: моделирование волновых процессов в неоднородной термоупругой среде; исследование влияния параметров дефектов и температуры на характеристики волн; разработка алгоритма обратной задачи для идентификации неоднородностей; верификация метода на численных примерах.

### *Основной материал исследования*

#### *Геометрия, структура и входные параметры модели*

Расчётная область представляет собой плоскую двумерную модель прямоугольной пластины размерами  $20 \times 5$  см. Пластина состоит из трех идеально сцепленных (bonded) зон, образующих симметричную структуру типа Ti-Pb-Ti (рисунок 1).

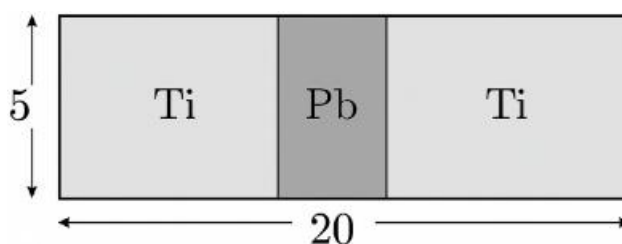


Рисунок 1 – Геометрия расчётного объекта

Центральная свинцовая зона имеет размеры  $2 \times 5$  см и расположена коаксиально. Крайние титановые зоны идентичны, размером  $9 \times 5$  см каждая. Материалы моделируются как линейно-упругие изотропные среды. Используемые термомеханические свойства приведены в таблице.

Таблица – Свойства материалов [1, 2]

Свойство	Свинец (Pb)	Титан (Ti, аналог BT1-0)
Модуль Юнга, E, ГПа	16	110
Коэффициент Пуассона, $\nu$	0,44	0,33
Плотность, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	11 340	4 500
Коэффициент теплового расширения, $\alpha$ , $10^{-6} \text{ K}^{-1}$	29,1	8,6
Теплопроводность, k, Вт/(м·К)	35,3	21,9
Удельная теплоёмкость, c, Дж/(кг·К)	129	520

### Постановка задачи и численный алгоритм

Задача решалась в два этапа с использованием последовательного связанного анализа в ANSYS Workbench. Данный подход применяется в случаях, когда тепловое воздействие существенно влияет на напряжённо-деформированное состояние конструкции, однако обратное влияние деформаций и напряжений на температурное поле является незначительным, что характерно для большинства задач термоупругости в твердых телах. В рамках тепловой задачи (Transient Thermal) решалось нестационарное уравнение теплопроводности. На левом краю области ( $x = 0$ ) задавалось импульсное тепловое воздействие в виде плотности теплового потока  $q(t)$  с амплитудой  $q_0$  и длительностью  $\tau$ . Остальные границы считались теплоизолированными. Начальная температура всей области принята равной  $0^\circ\text{C}$ . Математическая модель задачи имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} -k\Delta T &= \rho c \partial T / \partial t, \\ q(0, y, t) &= q_0 \cdot [H(t) - H(t - \tau)], \\ \partial T / \partial n |_{\Gamma} &= 0 \text{ для других границ } \Gamma, \end{aligned}$$

где  $T = T(x, y, t)$  – температура тела, являющаяся функцией координат и времени;

$x, y$  – пространственные координаты;

$t$  – текущее время;

$k$  – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·°C);

$\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;

$c$  – удельная теплоёмкость материала, Дж/(кг·°C);

$\Delta$  – оператор Лапласа (в декартовых координатах);

$q(0, y, t)$  – плотность теплового потока на левой границе ( $x = 0$ ), Вт/м<sup>2</sup>;

$q_0$  – амплитудное значение плотности теплового потока;

$\tau$  – длительность теплового импульса, с;

$H(t)$  – единичная функция Хевисайда (функция включения);

$\partial T / \partial n$  – производная температуры по направлению внешней нормали к границе;

$\Gamma$  – обозначение границ области (кроме левой границы  $x = 0$ ).

Динамическая упругая задача (Transient Structural) строилась на основе рассчитанного поля температур  $T(x, y, t)$ . Решались уравнения движения с учетом сил инерции и тепловых деформаций:

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \sigma + \rho \ddot{u} &= 0, \\ \sigma &= C : (\varepsilon - \alpha \Delta T \cdot I), \\ \varepsilon &= \frac{1}{2} [\nabla u + (\nabla u)^T],\end{aligned}$$

где  $\sigma$  – тензор напряжений,  
 $\varepsilon$  – тензор деформаций,  
 $C$  – тензор упругости,  
 $u, \ddot{u}$  – вектор перемещений,  
 $I$  – единичный тензор.

На нижней грани пластины задано условие отсутствия вертикальных перемещений ( $U_y = 0$ ), а точка в левом нижнем углу зафиксирована от перемещений по осям  $X$  и  $Y$  для устранения жёсткого движения. Контакт на границах раздела материалов моделировался условием идеального сцепления (Bonded).

Таким образом, для численного решения использовался неявный метод интегрирования по времени, а пространственная дискретизация осуществлялась с помощью метода конечных элементов. Параметры конечно-элементной сетки и шаг по времени подбирались исходя из условий сходимости и необходимости корректного разрешения быстропротекающего процесса теплопроводности в зоне воздействия. Результатом данного этапа стало получение эволюции во времени поля температуры  $T(x, y, t)$  для всего диапазона моделирования, которое далее использовалось как тепловая нагрузка в механической задаче.

### ***Параметры сетки и дискретизации***

Для пространственной дискретизации использовалась регулярная сетка из квадратных конечных элементов (типа PLANE223 для тепловой и PLANE223/182 для структурной задачи) с характерным размером 0,1 см, обеспечивающим разрешение ожидаемых длин волн. Шаг по времени выбирался на основе условий устойчивости Куранта и составил  $\Delta t = 1 \cdot 10^{-7}$  с. Общее время моделирования ( $5 \cdot 10^{-4}$  с) превышало время прохождения упругой волны через всю модель.

### ***Результаты распространения температурного поля и обсуждение динамики волнового поля напряжений***

Анализ результатов теплового расчёта показал (рисунок 2), что из-за более высокой теплопроводности свинца ( $k_{Pb} > k_{Ti}$ ) температурный фронт в центральной зоне распространяется быстрее. Однако большая объёмная теплоёмкость  $(\rho c)_{Pb}$  приводит к меньшему градиенту температуры в этой зоне по сравнению с титановыми областями при одинаковом тепловом потоке.

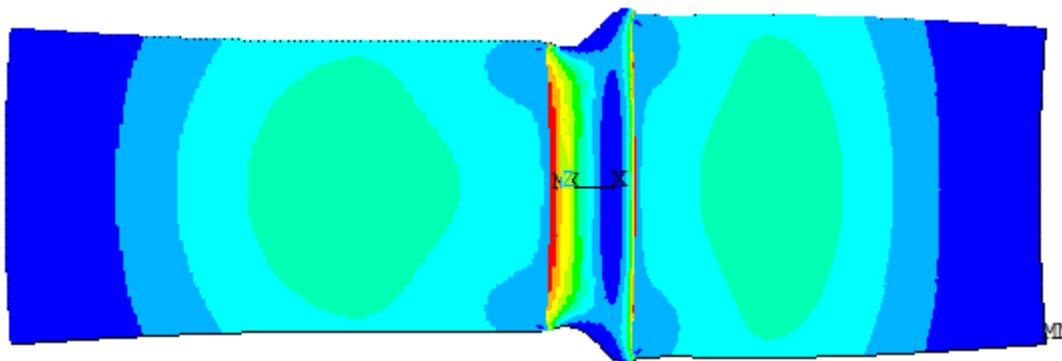


Рисунок 2 – Объёмное расширение материала вблизи левой границы

Импульсный нагрев вызывает быстрое объемное расширение материала вблизи левой границы, что генерирует волну сжатия, распространяющуюся вправо. При переходе этой волны через границу раздела Ti-Pb наблюдается сложная картина из-за резкого различия акустических импедансов материалов ( $Z = \rho \cdot c_s$ , где  $c_s$  – скорость звука).

На рисунке 3 представлены распределения эквивалентных напряжений по Мизесу в момент времени  $t_1$ . Видно, что волновой фронт в титане существенно опережает фронт в свинце из-за большей скорости звука.

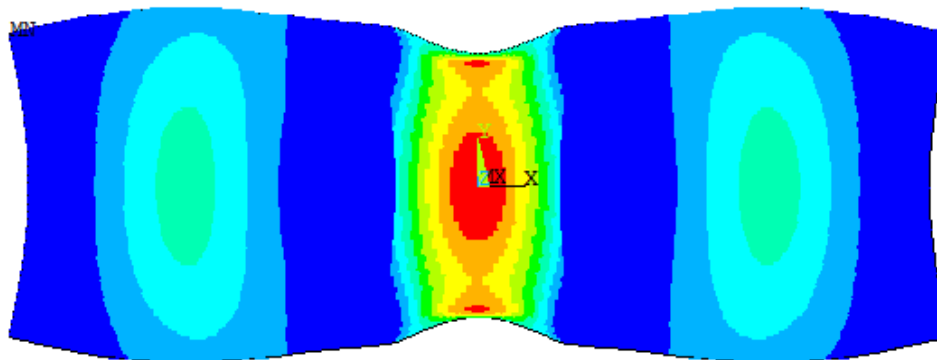


Рисунок 3 – Распределения эквивалентных напряжений по Мизесу в момент времени  $t_1$

1. Волновой фронт визуализируется в виде резкого градиента (скачка) цветовой заливки на контурной карте (например, переход от синего/зеленого к желтому/красному).

2. Положение фронта в Ti: в левой титановой зоне ( $9 < x < 0$  см) этот цветовой фронт находится дальше от источника нагрева (левого края). Например, он доходит до координаты  $x \approx 7$  см.

3. В центральной свинцовой зоне ( $9 < x < 11$  см) волновой фронт заметно ближе к левому интерфейсу. Он находится только на  $x \approx 9,5$  см.

4. В правой титановой зоне ( $x > 11$  см) волновой фронт, сгенерированный после прохождения через Pb, будет располагаться примерно на  $x \approx 13$  см, демонстрируя восстановление скорости после выхода из свинца.

Таким образом, на одном снимке в один момент времени видим три различных положения волнового фронта в трех зонах, что является прямым доказательством различия скоростей распространения упругих возмущений.

На границах раздела ( $x = 9$  см и  $x = 11$  см) фиксируются экстремальные значения нормальных напряжений  $\sigma_{xx}$  (рисунок 4). Это является следствием двух факторов: 1) разницы коэффициентов теплового расширения ( $\alpha_{Pb} > \alpha_{Ti}$ ), приводящей к стесненному расширению свинца; 2) волновых эффектов – частичного отражения и прохождения волн.

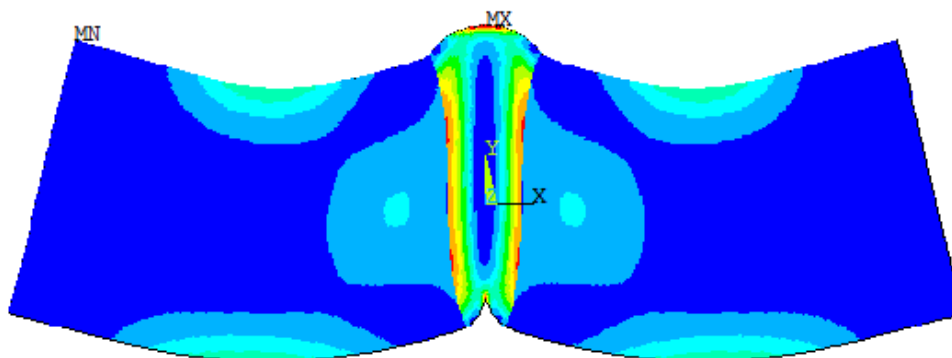


Рисунок 4 – Экстремальные значения нормальных напряжений  $\sigma_{xx}$  на границах областей

Проведём анализ напряжений в угловых точках границы (в геометрических стыках частей пластины, рисунок 5). В таких областях почти всегда наблюдается концентрация напряжений, и причины этого хорошо известны в термомеханике. Это так называемая «сингулярность напряжений», обусловленная геометрическими особенностями.

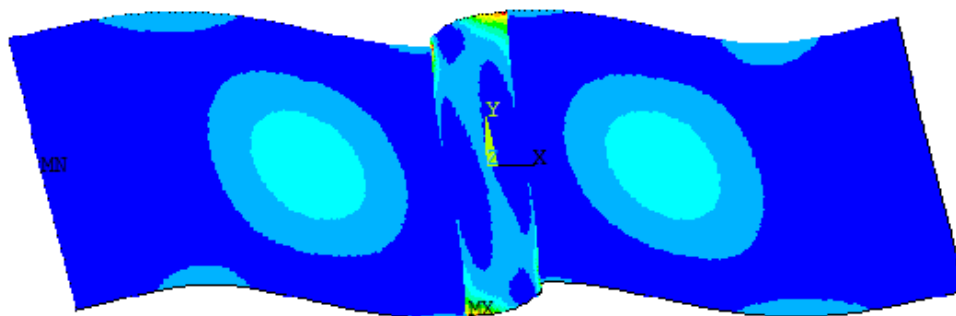


Рисунок 5 – Концентрация напряжений в угловых точках границы

Любой острый угол (и особенно прямой угол) в задаче термоупругости вызывает математическую сингулярность температурного градиента. А поскольку термическое напряжение пропорционально градиентам температуры, то напряжения в модели также стремятся к бесконечности при достаточно мелкой сетке. Это не физическая бесконечность, а особенность идеализированной модели (острый угол, идеально теплоизолированная грань, разрыв условий на стыке). В угловой точке одна грань получила поток, а соседняя – нет, то есть возникает разрыв граничных условий, что приводит к резкому скачку температурного градиента около угла: локальному пику напряжений в механике.

В угловых точках для такой постановки задачи наблюдаются максимальные градиенты температуры; возникают локальные пики термических напряжений; напряжения увеличиваются по мере «уточнения» сетки, что является сигналом сингулярности.

Физически такие пики обычно не имеют реального аналога (в реальных конструкциях нет идеальных острых углов), не несут значимой механической опасности на макроскопическом уровне, проявляются только в численной модели.

### **Выводы**

1. Разработана конечно-элементная модель, позволяющая исследовать нестационарные связанные термоупругие процессы в композитных структурах с резким контрастом свойств.

2. Показано, что импульсный тепловой удар по слоистой структуре Ti-Pb-Ti приводит к генерации сложного неоднородного волнового поля. Ключевую роль в его формировании играют границы раздела, где из-за разницы акустических импедансов и коэффициентов теплового расширения возникают локализованные зоны повышенных напряжений.

3. Установлено, что центральная свинцовая зона, обладающая большим коэффициентом теплового расширения, но меньшей жёсткостью, служит областью аккумуляции и интерференции упругих волн, что приводит к длительным колебательным процессам в напряжённом состоянии.

4. Полученные результаты важны для оценки динамической прочности и ресурса композитных элементов конструкций, работающих в условиях интенсивных тепловых воздействий (авиация, космическая техника, энергетика).

*Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.*

### **Список литературы**

1. Ступенков, А. В. Новые применения лазерной виброметрии / А. В. Ступенков, П. И. Коротин, А. С. Суворов // Известия Российской Академии наук. Серия физическая. – 2020. – Т. 84, № 6. – С. 824–828.
2. Смирнов, А. С. Акустическая эмиссия в материалах: механизмы генерации волн, применение и технологические особенности неразрушающего контроля / А. С. Смирнов, В. А. Фарафонов, А. Д. Картошкин // Вестник науки. – 2023. – Т. 4, № 5(62). – С. 828–832.

3. Вабищевич, П. Н. Вычислительные методы математической физики: стационарные задачи, обратные задачи и задачи управления / П. Н. Вабищевич. – 3-е изд., испр. – Москва : ЛЕНАНД, 2025. – 623 с. – ISBN 978-5-00237-125-9.
4. Вавилов, В. П. Неразрушающий контроль материалов методами ультразвуковой и индукционной инфракрасной термографии / В. П. Вавилов, Д. А. Нестерук // Инноватика и экспертиза. – 2013. – Вып. 1(10). – С. 40–47.
5. Игнатъев, М. А. Обзор методов машинного обучения для применения в задаче идентификации вида дефекта по вихретоковому сигналу / М. А. Игнатъев // Вестник СГТУ. – 2023. – № 2(97). – С. 19–28.
6. Балакирев, Н. Е. Качественный подход в раскрытии информационного содержания волновых данных / Н. Е. Балакирев, М. М. Фадеев, В. С. Родионов. – Текст : электронный // Труды МАИ. – 2024. – № 136. – С. 7–17. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvennyy-podhod-v-raskrytii-informatsionnogo-soderzhaniya-volnovykh-dannykh> (дата обращения: 14.11.2025).

### References

1. Stupenkov A. V. New Applications of Laser Vibrometry. A. V. Stupenkov, P. I. Korotin, A. S. Suvorov. Izvestiya Rossiiskoi Akademii nauk. Seriya fizicheskaya. [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physical Series]. 2020. Vol. 84, № 6. Pp. 824–828. (In Russ.)
2. Smirnov A. S. Acoustic Emission in Materials: Wave Generation Mechanisms, Application and Technological Features of Non-destructive Testing. A. S. Smirnov, V. A. Farafonov, A. D. Kartoshkin. Vestnik nauki. [Science Bulletin]. 2023. Vol. 4, № 5(62). Pp. 828–832. (In Russ.)
3. Vabishchevich P. N. Computational Methods of Mathematical Physics: Stationary Problems, Inverse Problems, and Control Problems. 3rd ed., corrected. Moscow : LENAND, 2025. 623 p. ISBN 978-5-00237-125-9. (In Russ.)
4. Vavilov V. P. Non-destructive Testing of Materials Using Ultrasonic and Induction Infrared Thermography. V. P. Vavilov, D. A. Nesteruk. Innovatika i ehkspertiza. [Innovation and Expertise]. 2013. Issue. 1(10). Pp. 40–47. (In Russ.)
5. Ignatiev M. A. Review of Machine Learning Methods for Application in the Problem of Defect Type Identification Based on Eddy Current Signal. Vestnik SGTU. [Bulletin of SSTU]. 2023. № 2(97). Pp. 19–28. (In Russ.)
6. Balakirev N. E. Qualitative Approach to Revealing the Information Content of Wave Data. N. E. Balakirev, M. M. Fadeev, V. S. Rodionov. Trudy MAI. [Proceedings of the Moscow Aviation Institute]. 2024. № 136. Pp. 7–17. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvennyy-podhod-v-raskrytii-informatsionnogo-soderzhaniya-volnovykh-dannykh>

*Статья поступила 18.11.2025*

*© Л. П. Вовк, Е. С. Кисель, 2025*

*Рецензент: Е. П. Мельникова, д-р техн. наук, проф.,  
Автомобильно-дорожный институт  
(филиал) ДонНТУ в г. Горловка*

**Л. П. Вовк, Е. С. Кисель**

### **Волновые поля в задачах диагностики неоднородных термоупругих материалов**

Статья посвящена разработке метода волновой диагностики скрытых дефектов и неоднородностей в материалах, работающих в условиях интенсивного термоупругого нагружения. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения достоверности неразрушающего контроля элементов конструкций автомобилей, аэрокосмической техники, энергетического оборудования и микроэлектроники, подверженных одновременному воздействию высоких температур и механических нагрузок.

В работе выполнено численное моделирование связанной термоупругой задачи для композитной структуры Ti-Pb-Ti с использованием метода конечных элементов в среде ANSYS Workbench. Реализован последовательный связанный анализ: на первом этапе решалась нестационарная задача теплопроводности при импульсном тепловом воздействии на левой границе, на втором – динамическая задача термоупругости с учётом полученного температурного поля.

В результате исследования установлены закономерности распространения волновых полей в неоднородной термоупругой среде. Выявлено, что границы раздела материалов с различными теплофизическими и механическими свойствами (титан-свинец) являются источниками вторичных волн и зонами локальной концентрации напряжений. Показано, что центральная свинцовая зона, обладающая высоким коэффициентом теплового расширения и низким модулем упругости, выполняет роль аккумулятора упругой энергии, что приводит к возникновению длительных затухающих колебаний.

Продемонстрировано, что импульсный тепловой удар генерирует волну сжатия, параметры которой (скорость распространения, амплитуда, форма фронта) существенно зависят от акустического импеданса материалов. При переходе через границы раздела наблюдается изменение скорости волнового фронта, что позволяет идентифицировать структурные неоднородности по искажениям волнового поля. Особое внимание уделено анализу концентрации напряжений в угловых точках области, обусловленной сингулярностью температурных градиентов.

Полученные результаты создают основу для разработки диагностического алгоритма, позволяющего по параметрам волнового поля восстанавливать характеристики внутренних неоднородностей материала в условиях действующего термоупругого нагружения. Предложенный подход может быть использован при создании систем мониторинга технического состояния ответственных элементов конструкций, работающих в экстремальных температурных условиях.

**КОНЕЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ, ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ТЕРМОУПРУГОСТЬ, ВОЛНОВЫЕ ПОЛЯ, ДИАГНОСТИКА, НЕОДНОРОДНЫЕ СРЕДЫ, ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ**

*L. P. Vovk, E. S. Kisel*

### **Wave Fields in Diagnostics of Inhomogeneous Thermoelastic Materials**

The article is devoted to the development of the method for wave diagnostics of hidden defects and inhomogeneities in materials operating under conditions of intense thermoelastic loading. The relevance of the study is determined by the need to improve the reliability of non-destructive testing of structural elements of automobiles, aerospace technology, power equipment and microelectronics, subject to the simultaneous impact of high temperatures and mechanical loads.

This paper presents a numerical simulation of a coupled thermoelastic problem for a Ti-Pb-Ti composite structure using the finite element method in ANSYS Workbench. The sequential coupled analysis is implemented: the first stage solved a transient thermal conductivity problem under pulsed thermal action at the left boundary, and the second stage solved a dynamic thermoelasticity problem taking into account the resulting temperature field.

The study established patterns of wave field propagation in a heterogeneous thermoelastic medium. It is found that interfaces between materials with different thermophysical and mechanical properties (titanium-lead) are sources of secondary waves and zones of localized stress concentration. It is shown that the central lead zone, which has a high coefficient of thermal expansion and a low modulus of elasticity, acts as an accumulator of elastic energy, which leads to the occurrence of long-term damped oscillations.

It is demonstrated that a pulsed thermal shock generates a compression wave, the parameters of which (propagation velocity, amplitude, front shape) depend significantly on the acoustic impedance of the materials. When crossing interfaces, a change in wave front velocity is observed, allowing structural inhomogeneities to be identified based on wave field distortions. Particular attention is paid to the analysis of stress concentrations at the corner points of the area, caused by singularities in temperature gradients.

The obtained results provide the basis for developing a diagnostic algorithm that allows for reconstructing the characteristics of internal material inhomogeneities under thermoelastic loading using wave field parameters. The proposed approach can be used in developing systems for monitoring the technical condition of critical structural elements operating under extreme temperature conditions.

**FINITE ELEMENT, NUMERICAL ANALYSIS, MATHEMATICAL MODELLING OF EMERGENCY SITUATIONS, THERMOELASTICITY, WAVE FIELDS, DIAGNOSTICS, INHOMOGENEOUS MEDIA, NUMERICAL MODELLING, NON-DESTRUCTIVE TESTING**

#### **Сведения об авторах:**

##### **Вовк Леонид Петрович**

Доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Математическое моделирование» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 9860-6682

Телефон: +7 949 301-98-55

Эл. почта: leonidvovk166@gmail.com

##### **Кисель Екатерина Сергеевна**

Кандидат физико-математических наук, доцент,  
доцент кафедры «Математическое моделирование» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 7676-8943

Телефон: +7 949 443-74-77

Эл. почта: e.s.kisel@gmail.com

**Authors' information:****Vovk Leonid Petrovich**

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Head of the Chair "Mathematical Modelling" of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 9860-6682

Phone: +7 949 301-98-55

Email: leonidvovk166@gmail.com

**Kisel Ekaterina Sergeevna**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent,

Associate Professor of the Chair "Mathematical Modelling" of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 7676-8943

Phone: +7 949 443-74-77

Email: e.s.kisel@gmail.com

**В. В. Быков, Р. О. Фомкин, С. В. Егорова**

## **РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ АВТОМОБИЛЯ «РОДСТЕР КРЫМ»**

*Представлена функционально-логическая модель диагностики электронной системы управления двигателем автомобиля «Родстер Крым» на базе двигателя внутреннего сгорания ВАЗ-21127. Модель описывает связи между входными сигналами датчиков, логикой электронного блока управления и исполнительными механизмами, обеспечивая минимизацию тестов для оперативного выявления отказов по OBD-протоколам.*

***Ключевые слова:** электронный блок управления, функционально-логическая модель, диагностирование, Родстер Крым, код неисправности, микропроцессорная система зажигания, режим диагностирования*

**Для цитирования:** Быков, В. В. Разработка функционально-логической модели для диагностирования электронной системы управления двигателем автомобиля «Родстер Крым» / В. В. Быков, Р. О. Фомкин, С. В. Егорова // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2025. – № 4(55). – С. 42–49. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19914840>.

### **Введение**

Уровень автомобилизации мирового современного общества предъявляет повышенные требования к надежности автотранспортных средств, к обеспечению технико-экономических свойств и к снижению техногенного воздействия, прежде всего – выбросов вредных веществ в окружающую среду. Требования к экологической безопасности автомобиля в мировой практике сформулированы рядом законодательных актов. Мировое автомобилестроение в настоящее время отказалось от использования несовершенных систем питания двигателей внутреннего сгорания и использует электронные системы управления режимами работы двигателя внутреннего сгорания. Электронная система управления двигателем (далее – ЭСУД) состоит из датчиков параметров состояния двигателя и автомобиля, контроллера и исполнительных устройств. С целью повышения качества, топливной экономичности, экологической чистоты и конкурентоспособности вновь создаваемых автомобилей, таких как «Родстер Крым», их оснащают двигателями с современными электронными системами управления.

### **Анализ публикаций**

Основные разработки, учитывающие методику диагностирования ЭСУД, которые позволяют сократить трудоёмкость работ и затраты на поддержание автомобилей в технически исправном состоянии, представлены в работах Нгуен Минь Тиена [1], В. В. Кострицкого [2], Ю. В. Баженова [3] и др. Но в настоящее время до конца не решена проблема диагностирования вновь создаваемых автомобилей на базе отечественных компонентов, особенно для кастомных ЭСУД.

### **Цель исследования**

Разработка функционально-логической модели диагностики электронной системы управления двигателем автомобиля «Родстер Крым» для повышения эффективности диагностики ЭСУД, позволяющая оперативно выявлять неисправности через логические связи параметров датчиков, исполнительных механизмов и алгоритмов управления двигателем.

### **Общие сведения об ЭСУД автомобиля «Родстер Крым»**

Студенческое конструкторское бюро «АДИ\_Тех» Автомобильно-дорожного института (филиала) ДонНТУ в г. Горловка работает над созданием автомобиля «Родстер Крым» с использованием электронного блока управления двигателем научно-производственного предприятия «ИТЭЛМА».

«Родстер Крым» комплектуется двигателем ВАЗ-21127 объемом 1,6 л с мощностью до 102,97 кВт, интегрированным с 5-ступенчатой механической коробкой передач от Lada Kalina 2, где ЭСУД аналогична системам ВАЗ с ЭСУД Bosch [4] или Январь (итерации проекта могут включать турбомоторы НАМИ до 220,65 кВт). Диагностика электронного блока управления (ЭБУ) проводится по OBD-протоколам, с проверкой синхронизации датчика положения коленчатого вала, параметров иммобилайзера и кислородного датчика (лямбда-зонда) регулирования смеси [5]. Диагностика в АДИ ДонНТУ производится с помощью планшетного сканера LAUNCH X431 PRO V5.0 с операционной системой Android, предназначенного для тестирования электронных систем автомобилей, проведения сервисных процедур, кодирования и адаптаций, двустороннего управления исполнительными механизмами.

На рисунке 1 приведена схема расположения основных элементов и датчиков электронной системы управления двигателем автомобиля «Родстер Крым».



1 – датчик положения коленчатого вала (ДПКВ); 2 – электронный блок управления;  
3 – датчик скорости автомобиля (ДСА); 4 – датчик температуры охлаждающей жидкости (ДТОЖ); 5 – управляющий датчик кислорода (УДК)

Рисунок 1 – Схема расположения основных элементов электронной системы управления двигателем автомобиля «Родстер Крым»

### **Разработка диагностической модели ЭСУД**

Как известно, для анализа диагностических сигналов, разработки метода и алгоритмов диагностирования необходимым условием является построение диагностической модели.

Рассматривая ЭСУД как аналого-дискретную электронную систему, естественно выделить три основных уровня моделей, которые применяются [6, 7] при моделировании электрических процессов в аналоговых и гибридных устройствах: в виде электрической цепи; структурно-функциональные; функциональные. Используются также комбинированные электронные системы моделями разных уровней.

Модели первого уровня позволяют получать наиболее точные и глубокие сведения о протекании электрических процессов в электронной системе управления двигателем. ЭСУД

представлена в виде электрической цепи, элементами которой являются резисторы, конденсаторы, элементы индуктивности, микросхемы, транзисторы, источники напряжений и токов. Диоды, транзисторы, источники внешних воздействий, трансформаторы, микросхемы и другие компоненты представлены эквивалентными схемами замещения. Для полученной модели электрической цепи с использованием законов Кирхгофа и Ома составляется система уравнений, описывающая электрические процессы в этой цепи.

В качестве неисправностей цепи обычно рассматривают обрывы и короткие замыкания отдельных ее элементов, уход параметров элементов за пределы установленных допусков. В функционально-логической модели ЭСУД ВАЗ-21127 «Родстер Крым» это интегрируется в Simulink для анализа цепей датчика абсолютного давления (ДАД)/управляющего датчика кислорода, минимизируя тесты по OBD.

Основной недостаток моделей первого уровня, с точки зрения их использования для моделирования электронных блоков, построенных на интегральных микросхемах большой степени интеграции, обусловлен высокой трудоемкостью построения необходимых систем уравнений и их анализом.

Функциональные модели являются моделями третьего, высокого уровня. При построении такой модели устройство рассматривается как «черный ящик», для которого неизвестны внутренняя структура, но определены внешние входы и выходы, а также некоторые внутренние параметры, характеризующие состояние устройства. Функционирование устройства описывается передаточной функцией, позволяющей вычислить выходные сигналы для заданных входных воздействий и внутренних параметров. Передаточная функция может быть представлена системой алгебраических, дифференциальных, логических уравнений и неравенств или их композицией.

Значения коэффициентов в уравнениях определяются значениями внутренних параметров. Под неисправностями в функциональной модели обычно понимают отклонение коэффициентов уравнений за установленные допустимые пределы [8].

На этапах производства, эксплуатации и ремонта автомобиля, при проведении диагностирования, требуется указать место неисправности с точностью до блока или элемента, подлежащего замене. В таких случаях функциональная модель, как правило, не используется, так как она не отражает структуру диагностируемого устройства. Промежуточное положение между моделями первого и третьего уровней занимают структурно-функциональные модели. Они особенно эффективны при решении задач диагностирования современных устройств, построенных на интегральных микросхемах. К таким моделям относится функционально-логическая модель, позволяющая устанавливать взаимосвязь между состоянием объекта диагностирования и результатами контроля ее структурных единиц (блоков) [9].

Построение функционально-логической модели объектов диагностирования основывается на ряде требований [10]:

- 1) каждый блок модели может иметь только один выход, который может быть соединен с любым количеством входов других блоков. Если имеются блоки, у которых контролируется более одного выхода, то такие блоки необходимо разбить на несколько блоков по числу контролируемых выходов и у каждого блока оставить только те выходы, которые формируют данный выход;
- 2) выходы различных блоков не могут быть объединены;
- 3) для каждого блока известны допустимые значения выходного и входных сигналов, а также способ их контроля;
- 4) недопустимые значения (значения вне диапазона) хотя бы одного входного сигнала приводит к появлению недопустимого выходного сигнала;
- 5) если выходной сигнал некоторого функционального блока является входным для другого функционального блока, то допустимые значения этих сигналов совпадают;
- 6) цепи связи между функциональными блоками (если они не выделены в отдельный блок) абсолютно надежны;

7) связи между блоками модели должны соответствовать принципиальной схеме объекта диагностирования;

8) функциональный блок считается работоспособным, если при допустимых входных воздействиях выходной сигнал находится в пределах допуска.

Представление ЭСУД в виде функционально-логической модели обеспечивает необходимое разрешение в отношении локализации неисправностей в ЭСУД до съемного блока в условиях эксплуатации. При этом определение технического состояния ЭБУ и принятие решения о его работоспособности является наиболее трудоемкой частью процесса диагностирования ЭСУД.

Для построения функционально-логической модели ЭБУ, т. е. разбиения его на функциональные блоки с организацией необходимых связей между блоками, следует дополнительно руководствоваться алгоритмом функционирования ЭБУ.

Как объект технического диагностирования ЭБУ можно представить конечной динамической системой, преобразования в которой происходят в дискретные моменты времени. Такие динамические системы являются последовательными автоматами с конечным числом состояний [10, 11].

Известно, что последовательный автомат является математической моделью для описания последовательной функции, т. е. функции, значение которой зависит не только от текущих, но и от предыдущих значений входных переменных.

При этом автомат реализует последовательностную функцию в том смысле, что множество входных сигналов отображается с помощью этой функции на множество выходных сигналов, а способ реализации этой функции отображается в алгоритме функционирования автомата. Анализ алгоритма функционирования ЭБУ показывает, что он является информационной основой, на базе которой наиболее целесообразно производить построение диагностической модели.

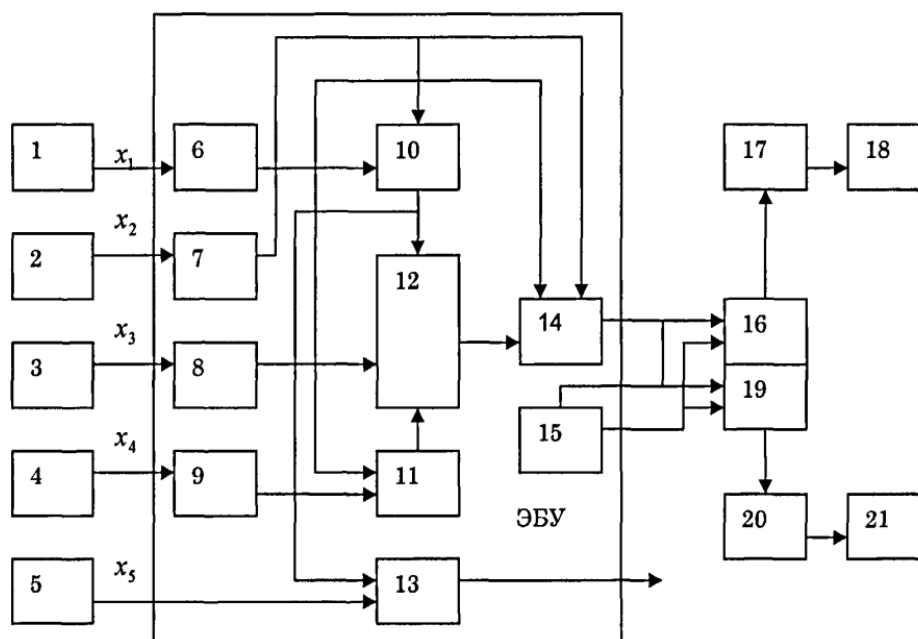
Это связано, прежде всего, с тем, что реализация алгоритма функционирования строго регламентирована во времени и по углу поворота коленчатого вала (КВ) носит периодический характер. Следовательно, предоставляется возможным сопоставить моменты времени или углы поворота коленвала двигателя, в которые ЭБУ производит вычисление кодов  $n$ ,  $P$ ,  $T$  (частоты вращения КВ; величины разрежения за дросселем; температуры охлаждающей жидкости), вычисление углового положения КВ, соответствующего  $\varphi_{изу}$  (углу опережения зажигания постоянного запоминающего устройства).

При этом алгоритм функционирования позволяет разбить принципиальную схему ЭБУ на ряд блоков, которые ответственны за соответствующие процессы вычисления. В состав этих блоков входят функционально связанные алгоритмы работы элементов схемы ЭБУ (микросхемы и другие элементы). Реализация алгоритма функционирования целиком связана с техническим состоянием соответствующих блоков.

ЭСУД «Родстер Крым» представлена в виде двух функционально связанных подсистем: информационно-измерительной (датчики ДАД, УДК, ДПКВ, ДТОЖ) и управляющей (ЭБУ ВАЗ-21127 с алгоритмами коррекции лямбда-зонда, форсунок, системы зажигания). Микропроцессорная система зажигания, как часть ЭСУД ВАЗ-21127, представлена в виде двух функционально связанных подсистем микропроцессорной системы зажигания: подсистемы генерации импульса зажигания и подсистемы формирования сигнала управления моментом этой генерации. Подсистема генерации импульса зажигания состоит из электронного коммутатора зажигания, катушек зажигания со свечами и высоковольтными проводами. Подсистема формирования сигнала управления моментом генерации импульса зажигания состоит из микропроцессорного блока управления, датчиков начала отсчета, угловых импульсов, температуры охлаждающей жидкости, концевого выключателя дроссельной заслонки.

Анализ процессов функционирования и алгоритмов работы каждой из подсистем позволил разработать в АДИ ДонНТУ диагностическую модель ЭСУД для микропроцессорной системы зажигания. В силу аналого-дискретного характера построения ЭСУД диагностиче-

скую модель данной системы зажигания наиболее целесообразно представить в виде функционально-логической модели (рисунок 2).



1 – датчик начала отсчета, 2 – датчик угловых импульсов, 3 – датчик температуры охлаждающей жидкости, 4 – концевой выключатель дроссельной заслонки, 5 – датчик абсолютного давления, 6 – формирователь сигнала датчика начала отсчета, 7 – формирователь сигнала датчика угловых импульсов, 8 – формирователь сигнала датчика температуры, 9 – формирователь сигнала датчика разрежения, 10 – блок измерения частоты вращения КВ, 11 – блок измерения величины разрежения (давления), 12 – блок постоянного запоминающего устройства, 13 – блок управления ЭСУД, 14 – блок вычисления углового положения КВ, 15 – блок формирования сигнала выбора каналов, 16 – электронный коммутатор зажигания (1 канала), 17 – катушка зажигания (1 и 4 цилиндров), 18 – провода и свечи (1 и 4 цилиндров), 19 – электронный коммутатор зажигания (2 канала), 20 – катушка зажигания (2 и 3 цилиндров), 21 – провода и свечи (2 и 3 цилиндров)

Рисунок 2 – Функционально-логическая модель ЭСУД

В силу того, что ЭБУ осуществляет логическую переработку информации (т. е. ЭБУ – цифровое устройство), целесообразно сопоставить выходу каждого блока модели ЭБУ соответствующий параметр ( $a_1, a_2, \dots, a_7$ ), характеризующий его техническое состояние.

Непосредственное измерение параметров функциональных блоков ЭСУД в составе системы и в условиях эксплуатации не всегда возможно. В частности, это касается параметров  $a_1, a_2, \dots, a_7$  ЭБУ. Следовательно, допустимыми для измерения являются входные и выходные сигналы блоков ЭСУД, по которым необходимо определять их техническое состояние. Для обеспечения достоверности такого диагноза необходимо установить количественную взаимосвязь между контролируемыми выходными параметрами и параметрами функциональных блоков ЭСУД, изменение состояния которых непосредственно связано с появлением неисправностей в них.

### Заключение

Разработанная функционально-логическая модель диагностики ЭСУД «Родстер Крым» позволяет сократить время локализации неисправностей на 30–40 % за счет анализа связей датчиков (ДПКВ, ДТОЖ, ДАД) ЭБУ ВАЗ-21127 и актуаторов, минимизируя тесты по ОВД-протоколам.

*Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.*

## Список литературы

1. Нгуен, М. Т. Диагностическая ценность технического состояния электронных систем управления двигателем автомобиля / М. Т. Нгуен, Ч. К. Ле // Молодой ученый. – 2017. – № 37(171). – С. 10–19.
2. Кострицкий, В. В. Повышение эффективности диагностирования электронных систем управления двигателем / В. В. Кострицкий, А. В. Павченко // Инновационные технологии в машиностроении : электронный сборник материалов международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию машиностроительных специальностей и 15-летию научно-технологического парка Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 21–22 апреля 2020 г. / Полоцкий гос. ун-т ; под. ред. : В. К. Шелега; Н. Н. Попок. – Новополоцк, 2020. – С. 180–183.
3. Баженов, Ю. В. Эффективность внедрения диагностирования электронных систем управления двигателем при регламентном обслуживании автомобилей / Ю. В. Баженов // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2019. – № 1–2. – С. 11–17.
4. Otto-Management. Ausgabe 25 / Robert Bosch GmbH. – 2003. – С. 53.
5. Система управления двигателем ВАЗ-2111 (1,5 л 8 кл.) с распределенным впрыском топлива под нормы токсичности ЕВРО-2 (контроллер МР7.0Н «Bosch»): Устанавливается на моделях: ВАЗ-2111; ВАЗ-21102; ВАЗ-21083; ВАЗ-21093; ВАЗ-21099 : руководство по техническому обслуживанию и ремонту / Акционерное о-во «АвтоВАЗ». – Санкт-Петербург : ПетерГранд, 2000. – 96 с. – ISBN 5-8051-0017-7.
6. Ютт, В. Е. Анализ протоколов передачи данных ЭСАУ / В. Е. Ютт, Г. Е. Рузавин // Автотракторное электрооборудование. – 2004. – № 7. – С. 56–78.
7. ISO 15031-5:2015. Road vehicles – Communication between vehicle and external equipment for emissions-related diagnostics. Part 5: Emissions-related diagnostic services = Транспорт дорожный. Связь между автомобилями и наружным оборудованием для диагностики выбросов автомобиля в окружающий воздух. Часть 5. Службы диагностики выбросов : дата введения 28.07.2015 / Технический Комитет : ISO/TC 22/SC 31. – 3-е изд. – Женева, 2015. – 140 с. – Текст : электронный // ISO : [сайт]. – URL: <https://www.iso.org/standard/66368.html> (дата обращения: 02.12.2025).
8. ISO 15765-2:2024 Road vehicles – Diagnostic communication over Controller Area Network (DoCAN) Part 2: Transport protocol and network layer services = Дорожные транспортные средства. Диагностическая связь через сеть контроллеров (DoCAN). Часть 2. Транспортный протокол и сервисы сетевого уровня : дата введения 05.04.2024 / Технический Комитет : ISO/TC 22/SC 31. – 4-е изд. – Женева, 2024. – 47 с. – Текст : электронный // ISO : [сайт]. – URL: <https://www.iso.org/standard/84211.html> (дата обращения: 03.12.2025).
9. ISO 14230-4:2000. Road vehicles – Diagnostic systems – Keyword protocol 2000. Part 4: Requirements for emission-related systems = Транспорт дорожный. Системы диагностического контроля. Протокол ключевых слов 2000. Часть 4. Требования к системам, связанным с выбросами : дата введения 01.06.2000 / Технический Комитет : ISO/TC 22/SC 31. – 3 с. – Женева, 2000. – Текст : электронный // ISO : [сайт]. – URL: <https://www.iso.org/standard/28826.html> (дата обращения: 04.12.2025).
10. Рузавин, Г. Е. Предпосылки создания и дальнейшее развитие диагностических протоколов электронных систем автоматического управления автомобилем / Г. Е. Рузавин, М. В. Ютт // Материалы Международной конференции и Российской научной школы. – Москва : Радио и связь, 2004. – С. 42–45.
11. Системы управления бензиновыми двигателями : [Ottomotor-Management] / Robert Bosch ; пер. с нем. [Н. Панкратова] ; [гл. ред. М. Бирюков]. – 1-е изд. – Москва : За рулем, 2005. – 431 с. – (Автомобильная техника). – ISBN 5-9698-0025-2.

## References

1. Nguen M. T. Diagnostic Value of the Technical Condition of Electronic Engine Control Systems of a Car. M. T. Nguyen, Ch. K. Le. Molodoi uchenyi. [Young Scientist]. 2017. № 37(171). Pp. 10–19. (In Russ.)
2. Kostritskii V. V. Improving the Efficiency of Diagnostics of Electronic Engine Control Systems. V. V. Kostritskii, A. V. Pavchenko. Innovatsionnye tekhnologii v mashinostroenii : ehlektronnyi sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, posvyashchennoi 50-letiyu mashinostroitel'nykh spetsial'nostei i 15-letiyu nauchno-tekhnologicheskogo parka Polotskogo gosudarstvennogo universiteta, Novopolotsk, 21–22 aprelya 2020 g. Polotskii gos. un-t ; pod. red. : V. K. Shelega; N. N. Popok. Novopolotsk, 2020. [Innovative Technologies in Mechanical Engineering: Electronic Collection of Proceedings of the International Scientific and Technical Conference Dedicated to the 50th Anniversary of Mechanical Engineering Specialties and the 15th Anniversary of the Scientific and Technological Park of Polotsk State University, Novopolotsk, April 21–22, 2020. Polotsk State University; ed. by: V. K. Shelega; N. N. Popok. Novopolotsk, 2020]. Pp. 180–183. (In Russ.)
3. Bazhenov Yu. V. Efficiency of Implementing Diagnostics of Electronic Engine Management Systems During Routine Vehicle Maintenance. Vestnik Altaiskoi akademii ehkonomiki i prava. [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law]. 2019. № 1–2. Pp. 11–17. (In Russ.)
4. Otto-Management. Ausgabe 25. Robert Bosch GmbH. 2003. P. 53. (In Eng.)

5. Engine management system for VAZ-2111 (1.5 l 8 valve) with distributed fuel injection meeting EURO-2 emission standards (controller MP7.0H Bosch): Installed on models: VAZ-2111; VAZ-21102; VAZ-21083; VAZ-21093; VAZ-21099: Maintenance and repair manual. AvtoVAZ Joint Stock Company. Saint Petersburg : PeterGrand, 2000. 96 p. ISBN 5-8051-0017-7. (In Russ.)
6. Yutt, V. E. Analysis of Data Transmission Protocols of the ESAU. V. E. Yutt, G. E. Ruzavin. Avtotraktornoe ehlektrooborudovanie. [Automotive and tractor electrical equipment]. 2004. № 7. Pp. 56–78. (In Russ.)
7. ISO 15031-5:2015. Road vehicles – Communication between vehicle and external equipment for emissions-related diagnostics. Part 5: Emissions-related diagnostic services : Date of introduction 28.07.2015. Technical Committee : ISO/TC 22/SC 31. 3rd ed. Geneva, 2015. 140 p. ISO : [website]. (In Eng.) URL: <https://www.iso.org/standard/66368.html>
8. ISO 15765-2:2024 Road vehicles – Diagnostic communication over Controller Area Network (DoCAN) Part 2: Transport protocol and network layer services : Date of introduction 05.04.2024. Technical Committee : ISO/TC 22/SC 31. 4th ed. Geneva, 2024. 47 p. ISO : [website]. (In Eng.) URL: <https://www.iso.org/standard/84211.html>
9. ISO 14230-4:2000. Road vehicles – Diagnostic systems – Keyword protocol 2000. Part 4 : Requirements for emission-related systems : Date of introduction 01.06.2000. Technical Committee : ISO/TC 22/SC 31. 3 p. Geneva, 2000. ISO : [website]. (In Eng.) URL: <https://www.iso.org/standard/28826.html>
10. Ruzavin G. E. Prerequisites for the Creation and Further Development of Diagnostic Protocols for Electronic Automatic Control Systems. G. E. Ruzavin, M. V. Yutt. Proceedings of the International Conference and the Russian Scientific School. Moscow : Radio and Communications, 2004. Pp. 42–45. (In Russ.)
11. Gasoline Engine Management Systems: [Ottomotor-Management]. Robert Bosch; translated from German by [N. Pankratova]; [editor-in-chief M. Biryukov]. 1st ed. – Moscow : Za Rulem, 2005. 431 p. (Automotive equipment). ISBN 5-9698-0025-2. (In Russ.)

*Статья поступила 08.12.2025*

© В. В. Быков, Р. О. Фомкин, С. В. Егорова, 2025  
Рецензент: Н. И. Мищенко, д-р техн. наук, проф.,  
Автомобильно-дорожный институт  
(филиал) ДонНТУ в г. Горловка

***В. В. Быков, Р. О. Фомкин, С. В. Егорова***

#### **Разработка функционально-логической модели для диагностирования электронной системы управления двигателем автомобиля «Родстер Крым»**

Проанализированы существующие подходы к моделированию электронных систем (модели электрических цепей, структурно-функциональные и функциональные модели) и обоснован выбор функционально-логической модели как оптимального промежуточного уровня. Разработана функционально-логическая модель для диагностирования неисправностей электронной системы управления двигателем (ЭСУД) автомобиля «Родстер Крым», построенная на базе двигателя VAZ-21127 и электронного блока управления НПП «ИТЭЛМА», которая позволяет установить взаимосвязь между состоянием объекта диагностирования и результатами контроля его структурных единиц (блоков) с необходимой для эксплуатации точностью локализации неисправности до заменяемого блока.

Представлена сама модель, в которой ЭСУД «Родстер Крым» разбита на функционально связанные подсистемы: информационно-измерительную (датчики положения коленчатого вала, температуры, абсолютного давления, кислорода) и управляющую (электронный блок управления с алгоритмами управления форсунками, зажиганием и коррекции по лямбда-зонду). Модель детально описывает логические и функциональные связи между этими блоками, что позволяет систематизировать диагностические процедуры.

Разработанная модель позволяет оптимизировать процесс диагностики, что сокращает время локализации неисправностей в ЭСУД на 30–40 % за счет минимизации количества необходимых тестовых проверок по OBD-протоколам через целенаправленный анализ логических связей в модели. Это позволяет быстро выявлять проблемные узлы по кодам неисправностей и отклонениям в работе датчиков и исполнительных механизмов.

Таким образом, представленная функционально-логическая модель служит эффективным инструментом для оперативной диагностики ЭСУД, обеспечивая быстрое выявление отказов за счет системного анализа взаимодействия компонентов системы, а также структурированного и логически обоснованного процесса диагностики ЭСУД.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК УПРАВЛЕНИЯ, ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ДИАГНОСТИРОВАНИЕ, РОДСТЕР КРЫМ, КОД НЕИСПРАВНОСТИ, МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ, РЕЖИМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

***V. V. Bykov, R. O. Fomkin, S. V. Egorova***

#### **Development of the Functional-logical Model for Diagnosing the Electronic Engine Control System of the "Roadster Crimea" Car**

The existing approaches to modelling electronic systems (electrical circuit models, structural-functional and functional models) are analyzed and the choice of the functional-logical model as an optimal intermediate level is substantiated. The functional-logical model is developed for diagnosing faults in the electronic engine control system

(EECS) of the "Roadster Crimea" car, built on the basis of the VAZ-21127 engine and the electronic control unit of the SPE ITELMA, which makes it possible to establish a relationship between the state of the diagnostic object and the results of monitoring its structural units (blocks) with the accuracy of localizing the fault to the replaceable block required for operation.

The model itself is presented, in which the "Roadster Crimea's" EECS is divided into functionally interconnected subsystems: the information-measuring subsystem (crankshaft position, temperature, absolute pressure, and oxygen sensors) and the control subsystem (the electronic control unit with algorithms for injector control, ignition, and lambda probe correction). The model describes in detail the logical and functional relationships between these subsystems, allowing for systematization of diagnostic procedures.

The developed model allows for optimization of the diagnostic process, which reduces the time for localizing faults in the EECS by 30–40 % by minimizing the number of necessary test checks according to OBD protocols through targeted analysis of logical connections in the model. This allows you to quickly identify problematic components based on error codes and deviations in the operation of sensors and actuators.

Thus, the presented functional-logical model serves as an effective tool for the operational diagnostics of the EECS, ensuring the rapid identification of failures through a systemic analysis of the interaction of system components, as well as a structured and logically sound process for diagnosing the EECS.

ELECTRONIC CONTROL UNIT, FUNCTIONAL LOGIC MODEL, DIAGNOSTICS, ROADSTER CRIMEA, FAULT CODE, MICROPROCESSOR IGNITION SYSTEM, DIAGNOSTIC MODE

#### Сведения об авторах:

##### **Быков Валерий Васильевич**

Кандидат технических наук, доцент

Декан Дорожно-транспортного факультета, доцент кафедры «Автомобильный транспорт» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 8378-0977

Телефон: +7 949 301-98-53

Эл. почта: bykov\_v\_v\_59@mail.ru

##### **Фомкин Родион Олегович**

Аспирант, ассистент кафедры «Автомобильный транспорт» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 8653-3378

Телефон: +7 949 315-47-98

Эл. почта: mr.rydik2002@mail.ru

##### **Егорова Софья Вадимовна**

Студент Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация

#### Authors' information:

##### **Bykov Valerii Vasilievich**

Candidate of Technical Sciences, Docent,

Dean of the Faculty "Road and Transport", Associate Professor of the Chair "Automobile Transport" of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 8378-0977

Phone: +7 949 301-98-53

Email: bykov\_v\_v\_59@mail.ru

##### **Fomkin Rodion Olegovich**

Graduate student, Assistant of the Chair "Automobile Transport" of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 8653-3378

Phone: +7 949 315-47-98

Email: mr.rydik2002@mail.ru

##### **Egorova Sofia Vadimovna**

Student of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation

## **СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ**

УДК 625.7/8

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19912954>**В. В. Губа, К. Р. Губа, Л. Н. Третьякова**

### **ПОЛЕВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВОДНО-ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ СТЕПНОГО РАЙОНА ДОНБАССА**

*Исследован водно-тепловой режим дорожных конструкций в степных районах (на примере Донбасса) в течение годового цикла. Описаны четыре характерных периода: охлаждение и увлажнение, промерзание с миграцией влаги, оттаивание с пиковой влажностью, просыхание с ростом прочности грунта. Установлено, что влажность грунта достигает значительных величин (0,75–0,85 %), что требует пересмотра представления об «облегченном» режиме. Проанализированы источники увлажнения: выявлено ограниченное влияние грунтовых вод и боковых канав, при этом критическую роль играет затрудненный водоотвод. Доказана зависимость водно-теплого режима от плотности грунта и материала предельного слоя дорожной одежды. Сформулированы практические рекомендации по оптимизации конструкций с учетом сезонных изменений влажности и прочности грунта.*

**Ключевые слова:** степной район, водно-тепловой режим, земляное полотно, грунт, влажность, плотность

**Для цитирования:** Губа, В. В. Полевые наблюдения за водно-тепловым режимом земляного полотна автомобильных дорог степного района Донбасса / В. В. Губа, К. Р. Губа, Л. Н. Третьякова // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2025. – № 4(55). – С. 50–59. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19912954>.

#### **Введение**

Водно-тепловой режим (ВТР) земляного полотна и дорожной одежды представляет собой один из ключевых факторов, определяющих долговечность, эксплуатационную надежность и безопасность автомобильных дорог. В степных районах Донбасса, характеризующихся специфическими климатическими и гидрогеологическими условиями (резкие сезонные колебания температуры, глубокое залегание грунтовых вод, особенности почвенного покрова), закономерности влаго- и теплопереноса имеют выраженную сезонную динамику. Это предъявляет особые требования к проектированию, строительству и содержанию дорожных конструкций автомобильных дорог, поскольку неправильный учет водно-тепловых процессов ведет к преждевременному появлению деформаций и разрушений земляного полотна и дорожной конструкции в целом.

#### **Постановка проблемы**

Эксплуатация автомобильных дорог в степных районах Донбасса сопряжена с серьезными вызовами, обусловленными спецификой водно-теплого режима земляного полотна и дорожной одежды. Сезонные колебания температуры, глубокое залегание грунтовых вод, особенности почвенного покрова и несовершенство систем водоотвода формируют сложную динамику влаго- и теплопереноса, которая напрямую влияет на:

- несущую способность грунта;
- устойчивость земляного полотна;
- долговечность дорожных покрытий;
- частоту и характер возникающих деформаций (просадки, пучение, трещины).

Существующая проблема заключается в том, что традиционные подходы к проектированию дорожных конструкций зачастую опираются на обобщенные нормативные модели,

не в полной мере учитывающие региональные особенности степных зон.

Следствием нерешенности этой проблемы являются:

- преждевременное разрушение дорожных покрытий автомобильных дорог;
- рост затрат на ремонт и содержание автомобильных дорог;
- снижение безопасности движения из-за деформаций земляного и дорожного полотна автомобильных дорог.

Таким образом, научная проблема формулируется как противоречие между необходимостью точного прогнозирования водно-теплового режима для обеспечения долговечности дорог и дефицитом эмпирически подтвержденных данных о региональных особенностях влагонакопления, миграции влаги и влиянии конструктивных решений в степных районах.

Соответственно, практическая проблема состоит в отсутствии унифицированных рекомендаций по:

- оптимизации плотности грунта и выбору материалов дорожной одежды с учетом сезонных изменений влажности;
- проектированию систем водоотвода, минимизирующих аккумуляцию воды у земляного полотна;
- корректировке нормативных параметров для III дорожно-климатической зоны.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена потребностью в системном анализе водно-тепловых процессов в степных районах, который позволит:

- уточнить механизмы формирования влагонакопления;
- разработать научно обоснованные методы проектирования дорожных конструкций;
- повысить надежность и экономичность эксплуатации автомобильных дорог.

### *Анализ публикаций*

Проблема водно-теплового режима дорожных конструкций – одно из ключевых направлений дорожно-строительной науки. Публикации последних десятилетий демонстрируют устойчивый интерес к региональным особенностям влагонакопления; влиянию климатических факторов на стабильность земляного полотна; оптимизации материалов дорожной одежды с учетом теплофизических свойств.

В степных районах исследования осложняются спецификой гидрогеологических условий (глубокое залегание грунтовых вод, макропористые лессовидные грунты), что требует адаптации общетеоретических моделей.

В работе А. П. Васильева, В. Д. Казарновского [1] рассматривается четырехфазная динамика ВТР, а именно: охлаждение и начальное увлажнение, промерзание с миграцией влаги, оттаивание с пиковой влажностью, просыхание и упрочнение. Эти этапы подтверждаются натурными наблюдениями, но параметры (глубина зон, темпы процессов) варьируются по регионам.

Исследования Н. А. Пузакова [2] показывают сезонное несовпадение пиков воды в канавах и оттаивания грунта, барьерную функцию мерзлого слоя, высокую инфильтрацию лессовидных грунтов (10–15 суток), что подтверждает выводы о второстепенной роли водоотводных канав в степных районах.

В публикациях ряда ученых подтверждается критическая роль предельного слоя в регулировании ВТР и подчеркивается важность пористых материалов (щебень, песок), которые увеличивают влажность грунта до 0,7–0,8 %, снижая модуль упругости до 8,8 МПа, а также плотность слоев, поддерживающих влажность на уровне 0,40–0,52 % при модуле упругости 22–38 МПа.

Исследования плотности грунта и влагонакопления, выполненные М. С. Коганзоном и Ю. М. Яковлевым [3] показывают, что при уплотнении 100 % нормативной плотности весенняя влажность не превышает 0,60–0,65 %; недоуплотнение (88–92 %) ведет к росту влажности до 0,73–0,78 % и потере прочности. Данные исследования подтверждают необходимость

строгого контроля уплотнения.

Несмотря на обширную базу публикаций остаются нерешенные вопросы:

1. Региональная специфика. Большинство моделей ВТР разработаны для лесостепных и таежных зон, тогда как степные районы (с их глубоким залеганием грунтовых вод и макропористостью грунтов) изучены слабее.

2. Критические глубины увлажнения. Зона увлажнения 10–40 см упоминается в ряде работ, ее зависимость от теплофизических свойств материалов и климата требует детализации.

3. Долгосрочные наблюдения. Многие исследования опираются на краткосрочные эксперименты, тогда как многолетняя динамика ВТР в степных районах проанализирована недостаточно.

4. Интеграция данных. Отсутствует единая методика совмещения натурных наблюдений, полевых экспериментов и численного моделирования для степных районов.

Таким образом, по анализу публикаций можно сделать вывод, что проблема водно-теплового режима дорожных конструкций активно изучается, однако степные районы остаются недостаточно исследованными.

### **Цель исследования**

Выявление и систематизация закономерностей формирования водно-теплового режима дорожных конструкций в степных районах Донбасса на основе многолетних наблюдений и экспериментальных данных, а также разработка практических рекомендаций для проектирования и эксплуатации дорог в данных условиях.

### **Основной материал**

Степная зона Донецкой Народной Республики охватывает значительную часть III дорожно-климатической зоны [4, 5]. Для данной территории характерны следующие особенности:

- сезонное промерзание грунта;
- глубокое расположение грунтовых вод (на глубине 10–12 м и более);
- преобладание черноземов на лесном и лессовидном суглинке с пределом текучести, варьирующимся от 32 до 44 %;
- равнинный рельеф местности (высота до 200 м);
- среднегодовое количество осадков составляет 450–600 мм, что близко к величине их испарения;
- наблюдается тенденция к неравномерному выпадению осадков и увеличению их количества.

Анализ многолетних наблюдений позволил определить характерные особенности водно-теплового режима автомобильных дорог Донбасса, проложенных в степной и лесостепной зонах [5, 6]. При этом увлажнение обеспечивается четырьмя источниками (рисунок 1).



Рисунок 1 – Источники увлажнения степной зоны Донбасса

Результаты непрерывных круглогодичных наблюдений подтверждают наличие четких сезонных циклов изменения физико-механических характеристик грунта земляного полотна. В годовом эксплуатационном цикле дороги выделяются четыре последовательных периода (рисунок 2).

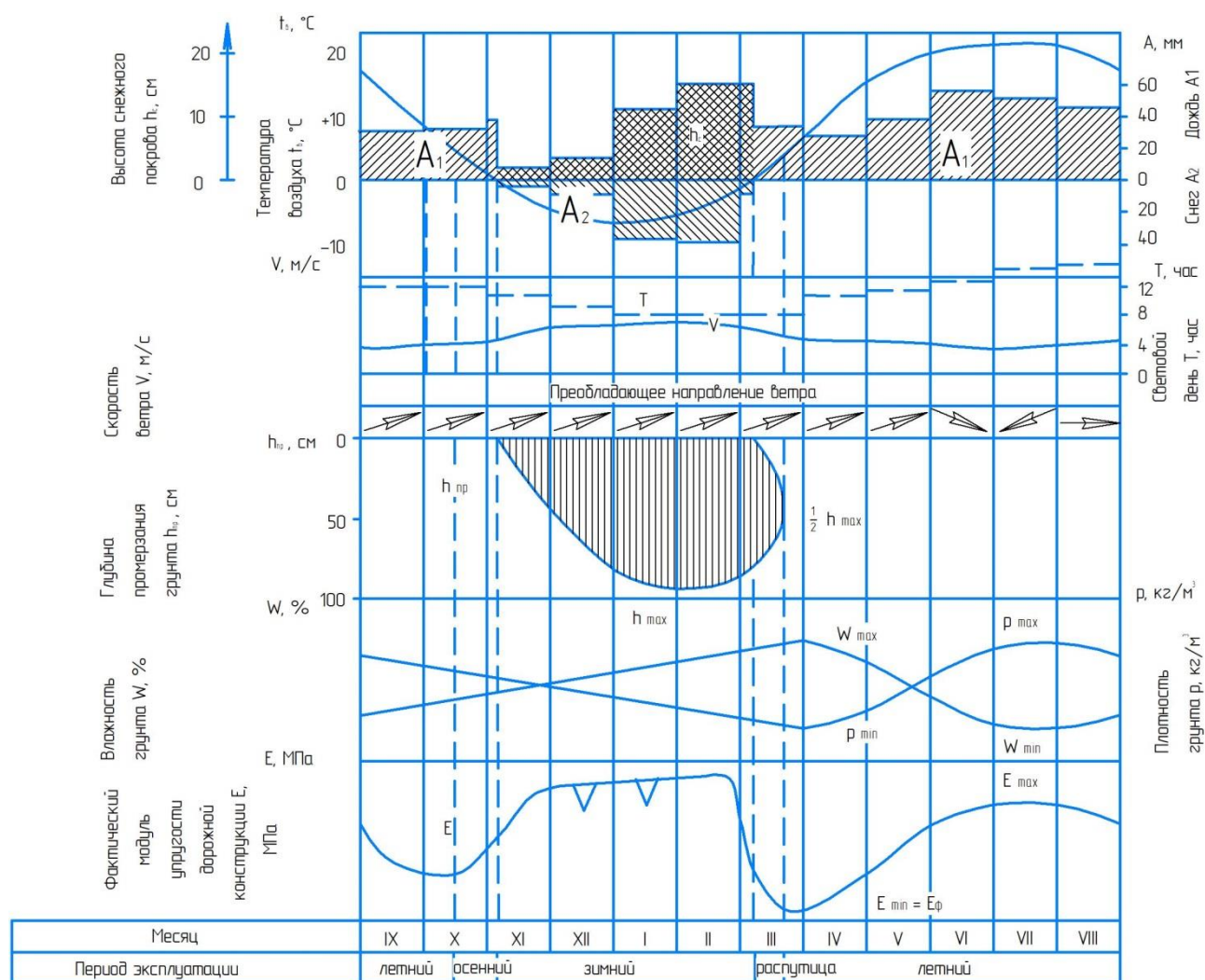


Рисунок 2 – Схема сезонных периодов водно-теплового режима дорожной конструкции степной зоны Донбасса

Первый период характеризуется охлаждением дорожной одежды и земляного полотна. Отмечается частичное повышение влажности и снижение плотности грунта. При значительной мощности источников увлажнения и интенсивном движении транспорта возможны просадки дорожного покрытия.

Второй период начинается с промерзания конструкции. При переходе воды в лед тонкие пленки, обволакивающие грунтовые частицы, истончаются. В верхних горизонтах земляного полотна влагосодержание и температура оказываются ниже, чем в нижних, что вызывает миграцию влаги вверх. К концу холодного периода влажность достигает максимума, а плотность – минимума; при этом мерзлый грунт демонстрирует максимальную прочность. Существует риск морозного пучения.

Третий период связан с оттаиванием полотна. В активной зоне происходит интенсивное перераспределение влаги: влажность достигает пика, а плотность и прочность грунта – минимальных значений для талого состояния. Возрастает вероятность оседания дорожного покрытия и деформаций земляного полотна.

Четвертый период наступает после оттаивания верхней части дорожной конструкции. Наблюдается постепенное просыхание дорожной одежды и земляного полотна: влажность в активной зоне снижается, а плотность и прочность грунта возрастают.

Для выявления закономерностей водно-теплового режима проводились длительные наблюдения за изменением влажности и плотности грунта земляного полотна автомобильных дорог Донбасса.

Результаты проведенных наблюдений позволяют сделать ряд существенных выводов относительно водно-теплового режима дорожных конструкций в степных районах. Прежде всего установлено, что показатели влажности грунта земляного полотна достигают весьма значительных величин. В ходе измерений зафиксированы значения влажности грунта:

- максимальные значения на уровне 0,75 %;
- в отдельных случаях – повышенные показатели в диапазоне 0,80–0,85 %.

Данный факт имеет принципиальное значение для оценки водно-теплового режима. Он свидетельствует о том, что характеризовать режим как «облегченный» (в соответствии с трактовкой, представленной в ряде исследований) допустимо не во всех ситуациях. Напротив, высокие показатели влажности указывают на существенную водную нагрузку на грунтовое основание, что требует более тщательного учета при проектировании и эксплуатации дорожных конструкций.

Анализ источников увлажнения выявил следующую специфику:

1. Глубокое залегание грунтовых вод. Этот фактор исключает возможность капиллярного поднятия влаги в зону грунтового основания дорожных одежд. Соответственно, грунтовые воды как источник увлажнения практически не влияют на устойчивость земляного полотна. В данном аспекте водно-тепловой режим действительно характеризуется определенными «облегчающими» условиями.

2. Затрудненный водоотвод. В весенние и осенние периоды на участках с несовершенной системой водоотвода наблюдается аккумуляция воды вблизи земляного полотна. Влажностный обмен происходит через откосы, что приводит к дополнительному увлажнению грунтового основания. Этот механизм увлажнения представляет собой значимый фактор, влияющий на стабильность конструкции.

Для количественной оценки влияния данного источника увлажнения были проведены исследования на дорогах, характерных для III дорожно-климатической зоны. Объектом изучения стали участки с типичным для данной зоны возвышением бровки полотна – в диапазоне от 0 до 3 м. Полученные данные позволяют уточнить расчетные параметры влагонакопления и разработать рекомендации по оптимизации водоотвода для повышения устойчивости земляного полотна в условиях сезонного увлажнения.

При исследовании водно-теплового режима дорожных конструкций одним из рассматриваемых потенциальных источников увлажнения выступает скапливание воды в боковых канавах. Ключевой особенностью степных районов является сезонная динамика заполнения канав: максимальный уровень воды наблюдается исключительно в весенний период. Однако хронологическое несовпадение гидрологических и термических процессов существенно ограничивает возможность влагопереноса:

1. Ранневесенний период – вода накапливается в канавах до того, как грунт на откосах и обочинах дорожного полотна успевает оттаять.
2. Наличие мерзлого слоя – промерзший грунт обладает крайне низкой водопроницаемостью, что создает естественный барьер для миграции влаги из канав к грунтовому основанию.
3. Завершение оттаивания – к моменту полного оттаивания грунтов объем воды в канавах уже существенно снижается или вода полностью исчезает.

Дополнительным механизмом, который минимизирует влияние боковых канав, выступают специфические свойства степных грунтов, а именно:

- макропористая структура лессовидных грунтов обеспечивает высокую инфильтрационную способность;
- скорость впитывания – экспериментально установлено, что вода из канав полностью проникает в грунт в течение 10–15 суток.

Для верификации данных предположений был проведен полевой эксперимент с отбором проб грунта, которые отбирались с помощью бура из специально оборудованных скважин, что обеспечивало репрезентативность выборки и точность измерений. Первый отбор проб

выполнен в момент достижения максимального уровня воды в канавах (цель: зафиксировать начальное состояние влажности грунта). Второй отбор проб проведен после завершения процесса инфильтрации (цель: определить остаточную влажность и оценить глубину проникновения влаги).

На основании анализа временных закономерностей и экспериментальных данных можно заключить, что:

- боковые канавы в степных районах не являются существенным источником увлажнения грунтового основания земляного полотна дороги;
- ограничивающими факторами выступают: сезонное несовпадение периодов максимального заполнения канав и оттаивания грунта; низкая проницаемость мерзлого грунта; высокая инфильтрационная способность лессовидных грунтов.

Таким образом, при проектировании и эксплуатации дорожных конструкций в степной зоне влияние увлажнения через боковые канавы допустимо не учитывать как значимый фактор водно-теплового режима.

При отсутствии значительных деформаций дорожного покрытия, но наличии волосяных трещин или мелкой сетки трещин, проникновение атмосферных осадков в структуру дорожной одежды существенно ограничивается. Это обусловлено повышенным испарением с поверхности покрытия; недостаточным временем для глубокой инфильтрации влаги; локальным характером увлажнения без существенного влияния на общий водно-тепловой режим конструкции.

Таким образом, поверхностные трещины не создают значимых рисков для водно-теплового баланса дорожной конструкции.

Плотность грунта выступает одним из ключевых факторов, определяющих водно-тепловой режим земляного полотна. Экспериментальные данные демонстрируют четкую корреляцию между степенью уплотнения и показателями влажности:

1. При стандартном уплотнении (100 % от нормативного значения):
  - весенняя влажность грунта не превышает диапазона 0,60–0,65 %;
  - обеспечивается оптимальный баланс влагосодержания и несущей способности.
2. При недоуплотнении (88–92 % от стандартной плотности):
  - наблюдается рост влажности до уровня 0,73–0,78 %;
  - повышается риск снижения прочностных характеристик конструкции.

В активной зоне земляного полотна фиксируется закономерное изменение влажности грунта с четко выраженным максимумом на глубине 10–40 см. Данный феномен обусловлен двумя основными факторами:

1. Затухание суточных температурных колебаний – на указанной глубине нивелируется влияние суточных перепадов температуры, что создает условия для стабильной конденсации влаги.
2. Максимальная конденсация водяного пара – в этом слое происходит интенсивное накопление влаги за счет конденсации парообразной воды.

Критическая глубина (10–40 см) не является универсальной константой – она варьируется в зависимости от теплофизических свойств материалов дорожной конструкции; климатических особенностей региона; гранулометрического состава грунтов.

Анализ показывает, что:

- поверхностные дефекты покрытия не оказывают критического влияния на водно-тепловой режим;
- соблюдение норм уплотнения грунта позволяет поддерживать влажность в безопасных пределах;
- учет критической глубины увлажнения необходим при проектировании дренажных систем и выборе материалов для дорожной конструкции.

В регионах с глубоким залеганием грунтовых вод ключевую роль в формировании

водного режима земляного полотна дороги играет конструкция дорожной одежды, в особенности состояние ее покрытия и нижних предельных слоев [6–8]. Эти слои выполняют не только несущую, но и теплоизолирующую функцию, существенно влияя на влагообмен и прочностные характеристики грунта [8, 9].

Экспериментальные данные демонстрируют прямую зависимость между типом материала предельного слоя и параметрами грунта весной после оттаивания:

1. Пористые материалы (песок, щебень, гравий, горелая порода, шлак):
  - относительная влажность грунта – 0,7–0,8 %;
  - прочность (модуль упругости  $E_0$ ) – 8,8 МПа.
2. Плотные материалы (битумоцементогрунт):
  - относительная влажность грунта – 0,40–0,52 %;
  - прочность (модуль упругости  $E_0$ ) – 22–38 МПа.

Предельный слой функционирует как динамический регулятор водно-теплового режима за счет следующих процессов:

1. Аккумуляция конденсированной влаги – пористость материала определяет объем удерживаемой воды из парообразной фазы;
2. Сезонная динамика влажности – осеннее влагосодержание прямо пропорционально пористости слоя (чем выше пористость, тем больше накапливается влаги).

Таким образом, предельный слой выступает естественным буфером, регулирующим миграцию влаги между дорожной одеждой и земляным полотном.

Многолетние наблюдения подтверждают, что при идентичных грунтовых, гидрологических и климатических условиях: различные типы дорожной одежды формируют неодинаковый уровень влагонакопления в земляном полотне; разница во влажности напрямую коррелирует с прочностными характеристиками грунта – чем выше влажность, тем ниже несущая способность конструкции.

Выбор материала предельного слоя критически важен для оптимизации водно-теплового режима: пористые материалы повышают влажность и снижают прочность, плотные – обеспечивают обратный эффект.

Предельный слой может выполнять функцию регулятора влагообмена, если его пористость подобрана с учетом климатических особенностей региона.

Для повышения долговечности дорожных конструкций необходимо учитывать взаимосвязь между типом дорожной одежды, влажностью грунта и его прочностными параметрами.

### **Выводы**

Проведенное исследование водно-теплового режима дорожных конструкций в степных районах Донбасса позволяет сформулировать выводы о четырехэтапном характере изменений (охлаждение – промерзание – оттаивание – просыхание), который определяет динамику влажности, плотности и прочности грунта, что необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог.

С точки зрения практических рекомендаций необходимо:

- выполнять контроль уплотнения грунта;
- оптимизировать подбор материалов, используемых в дорожных конструкциях;
- совершенствовать систему водоотвода земляного полотна и дорожной конструкции;
- учитывать критическую глубину увлажнения при проектировании дренажных систем и в выборе материалов, используемых в дорожной конструкции.

Реализация этих мер позволит повысить долговечность дорожных конструкций, снизить эксплуатационные затраты и обеспечить безопасность движения в условиях специфического климата степных районов Донбасса.

*Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.*

### Список литературы

1. Справочная энциклопедия дорожника : [в 4 томах]. Т. 4 : Дорожная наука / под ред. А. А. Надежко. – Москва : Информавтодор, 2006. – 393 с. – ISBN 5-900121-27-5.
2. Пузаков, Н. А. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог : специальность 05.00.00 : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Пузаков Николай Антонович ; М-во транспортного строительства СССР, Гос. Всесоюз. дор. науч.-исслед. ин-т СоюздорНИИ. – Москва : Автотрансиздат, 1960. – 168 с.
3. Коганзон, М. С. Предложения по уточнению средней влажности связных грунтов при проектировании дорожных одежд нежесткого типа / М. С. Коганзон, Ю. М. Яковлев, М. Г. Горячев // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2000. – № 2. – С. 16–17.
4. ГОСТ 33063-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Классификация типов местности и грунтов = Automobile roads of general use. Types of terrain and soils classification : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 августа 2015 г. № 1118-ст : введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 декабря 2015 г. : дата введения 2015-12-01 : введен впервые / разработан Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский институт» Министерства транспорта Российской Федерации, Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 418 «Дорожное хозяйство» : внесен Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 54 с. – URL: <https://clck.ru/3QmgiC> (дата обращения: 19.11.2025). – Текст : электронный.
5. Бабков, В. Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов : учебное пособие для автомобильно-дорожных специальностей вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / В. Ф. Бабков, В. М. Безрук. – Москва : Высшая школа, 1986. – 238 с.
6. Балашова, Ю. Б. Несущая способность армированных слабых водонасыщенных глинистых оснований с учетом реологических свойств почвы : специальность 05.23.02 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ю. Б. Балашов ; Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры. – Днепропетровск, 1999. – 16 с.
7. Банников, С. Н. Армирование грунтов – высокоэффективный метод усиления оснований зданий и сооружений / С. Н. Банников. – Текст : электронный // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 14-й Международной научно-технической конференции (69-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ) : в 4 томах. Т. 2. – Минск : БНТУ, 2016. – С. 288. – URL: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/34313/nauka\\_obrazovaniyu\\_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/34313/nauka_obrazovaniyu_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (дата обращения: 20.11.2025).
8. Пономарев, А. Б. Значение геосинтетики для дорожного строительства в Пермском крае / А. Б. Пономарев, В. И. Клевко // Дороги. Инновации в строительстве. – 2013. – № 25 (спецвыпуск). – С. 100–102.
9. Тимофеева, Л. М. Армирование грунтов, теория и практика применения : специальность 05.23.02 : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Людмила Михайловна Тимофеева ; Пермский политехнический институт. – Пермь, 1991. – 480 с.

### References

1. Road worker's reference encyclopedia: [in 4 volumes]. Vol. 4 : Road science edited by A. A. Nadezhko. Moscow : Informavtodor, 2006. 393 p. (In Russ.) ISBN 5-900121-27-5.
2. Puzakov N. A. Water-thermal Regime of the Roadbed of Highways : Specialty 05.00.00: Dissertation for the Degree of Doctor of Technical Sciences; USSR Ministry of Transport Construction, State All-Union Road Research Institute SoyuzdorNII. Moscow : Avtotransizdat, 1960. 168 p. (In Russ.)
3. Koganzon M. S. Proposals for Clarifying the Average Moisture Content of Cohesive Soils in the Design of Flexible Road Pavements. Nauka i tekhnika v dorozhnoi otrasli [Science and Technology in the Road Industry]. 2000. № 2. Pp. 16–17. (In Russ.)
4. GOST 33063-2014. Automobile roads of general use. Types of terrain and soils classification : interstate standard : official edition : approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated August 11, 2015 No. 1118-st : put into effect as a national standard of the Russian Federation on December 1, 2015 : date of introduction 2015-12-01 : introduced for the first time, developed by the Federal State Budgetary Institution "Russian Road Research Institute" of the Ministry of Transport of the Russian Federation, Interstate Technical Committee for Standardization MTC 418 Road Management : introduced by the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. Moscow : Standartinform, 2016, 54 p. (In Russ.) URL: <https://clck.ru/3QmgiC>.
5. Babkov V. F. Fundamentals of Soil Science and Soil Mechanics : a textbook for automobile and road engineering specialties of universities, 2nd ed., revised and enlarged. Moskva : Vysshaya shkola [High School]. 1986, 238 p. (In Russ.)
6. Balashova Yu. B. Bearing Capacity of Reinforced Weak Water-saturated Clay Foundations Taking into Account the Rheological Properties of the Soil : Specialty 05.23.02 : abstract of the Dissertation for the Degree of Candidate of

- Technical Sciences; Dnepr State Academy of Civil Engineering and Architecture. Dnepropetrovsk, 1999, 16 p. (In Russ.)
7. Bannikov S. N. Soil Reinforcement – a Highly Effective Method for Strengthening the Foundations of Buildings and Structures. *Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu, ehkonomie* : materialy 14-i Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii (69-i nauchno-tehnicheskoi konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh rabotnikov, doktorantov i aspirantov BNTU) : v 4 tomakh. [Science – for Education, Production, and Economics : Proceedings of the 14th International Scientific and Technical Conference (69th Scientific and Technical Conference of the Faculty, Researchers, Doctoral Students, and Postgraduate Students of BNTU): in 4 volumes]. Vol. 2. Minsk : BNTU, 2016. P. 288. (In Russ.) URL: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/34313/nauka\\_obrazovaniyu\\_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/34313/nauka_obrazovaniyu_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
8. Ponomarev A. B. The Importance of Geosynthetics for Road Construction in the Perm Region. *Dorogi. Innovatsii v stroitel'stve*. [Roads. Innovations in Construction]. 2013. № 25. Pp. 100–102. (In Russ.)
9. Timofeeva, L. M. Soil Reinforcement, Theory and Application Practice : Specialty 05.23.02: Dissertation for the Degree of Doctor of Technical Sciences; Perm Polytechnic Institute. Perm, 1991. 480 p. (In Russ.)

*Статья поступила 24.11.2025*

*© В. В. Губа, К. Р. Губа, Л. Н. Третьякова, 2025*

*Рецензент: Л. Н. Морозова, канд. техн. наук, доц.,*

*Автомобильно-дорожный институт*

*(филиал) ДонНТУ в г. Горловка*

***В. В. Губа, К. Р. Губа, Л. Н. Третьякова***

**Полевые наблюдения за водно-тепловым режимом земляного полотна автомобильных дорог степного района Донбасса**

Современное дорожное строительство вынуждено решать множество задач, направленных на повышение долговечности и надежности автомобильных дорог. Особое значение при этом имеет водно-тепловой режим дорожной конструкции – именно он во многом определяет эксплуатационные качества дорожного полотна автомобильных дорог. Неконтролируемые изменения температуры и влажности в слоях земляного полотна чреваты серьезными последствиями: снижается несущая способность дороги, появляются трещины и просадки, возникают иные дефекты, устранение которых требует значительных финансовых затрат. Чтобы дорожная конструкция оставалась стабильной, необходимо на протяжении всего года поддерживать оптимальные водно-тепловые параметры.

Эксплуатация автодорог в степных районах Донбасса осложняется специфическими инженерно-геологическими и климатическими условиями: резкими сезонными перепадами температуры; глубоким залеганием грунтовых вод; специфической характеристикой почвенного покрова. В этих обстоятельствах критически важно грамотно управлять водно-тепловым режимом земляного полотна и дорожной одежды. Водно-тепловой режим представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов влаго- и теплопереноса. От их динамики зависят прочность грунта и устойчивость дорожного покрытия, долговечность, надежность и безопасность автомобильных дорог.

Процессы влаго- и теплопереноса демонстрируют ярко выраженную сезонную изменчивость. Это накладывает особые требования на все этапы работы с дорожными конструкциями (от проектирования и строительства до последующего содержания). Пренебрежение особенностями водно-тепловых процессов может привести к преждевременному разрушению земляного полотна и всей дорожной конструкции.

**СТЕПНОЙ РАЙОН, ВОДНО-ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ, ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО, ГРУНТ, ВЛАЖНОСТЬ, ПЛОТНОСТЬ**

***V. V. Guba, K. R. Guba, L. N. Tretiakova***

**Field Observations of the Roadbed Water-thermal Regime of the Donbass Steppe Region**

Modern road construction is forced to solve many tasks aimed at improving the durability and reliability of highways. In this case, the water-thermal regime of the road structure is of particular importance – it largely determines the operational qualities of the roadway. Uncontrolled changes in temperature and humidity in the layers of the roadbed are fraught with serious consequences: the bearing capacity of the road decreases, cracks and subsidence appear, and other defects arise, the elimination of which requires significant financial costs. In order for the road structure to remain stable, it is necessary to maintain optimal water and thermal parameters throughout the year.

The road maintenance in the Donbass steppe regions is complicated by specific engineering, geological, and climatic conditions: sharp seasonal temperature fluctuations; deep groundwater; and specific soil characteristics. In these circumstances, it is critically important to properly manage the water-thermal regime of the roadbed and road surface. The water-thermal regime is a set of interrelated processes of moisture and heat transfer. The strength of the soil and the

stability of the road surface depend on their dynamics.

As a result, the processes of moisture and heat transfer exhibit pronounced seasonal variability. This imposes special requirements on all stages of work with road structures (from design and construction to subsequent maintenance). Neglecting the specifics of water-thermal processes can lead to premature failure of the roadbed and the entire road structure.

STEPPE REGION, WATER-THERMAL REGIME, ROADBED, SOIL, HUMIDITY, DENSITY

#### Сведения об авторах:

##### **Губа Виктория Викторовна**

Кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры «Автомобильные дороги и искусственные сооружения» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 7398-9000

Телефон: +7 949 367-31-88

Эл. почта: guba.victorya@yandex.ru

##### **Губа Константин Романович**

Старший преподаватель кафедры «Автомобильные дороги и искусственные сооружения» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 6818-8047

Телефон: +7 949 367-31-90

Эл. почта: guba.constantin@yandex.ru

##### **Третьякова Людмила Николаевна**

Старший преподаватель кафедры «Автомобильные дороги и искусственные сооружения» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 9623-0647

Телефон: +7 949 372-17-82

Эл. почта: lyda-tret5667@yandex.ru

#### Authors' information:

##### **Guba Viktoriia Viktorovna**

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor of the Chair "Highways and Artificial Structures" of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 7398-9000

Phone: +7 949 367-31-88

Email: guba.victorya@yandex.ru

##### **Guba Konstantin Romanovich**

Senior Lecturer of the Chair "Highways and Artificial Structures" of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 6818-8047

Phone: +7 949 367-31-90

Email: guba.constantin@yandex.ru

##### **Tretiakova Ludmila Nikolaevna**

Senior Lecturer of the Chair "Highways and Artificial Structures" of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 9623-0647

Phone: +7 949 372-17-82

Email: lyda-tret5667@yandex.ru

## ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 504.5:622

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19885264>

И. И. Гомаль, Е. Н. Свечкаренко, Н. В. Полякова

### ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ САМОВОЗГОРАНИЮ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

*Рассмотрены существующие теории самовозгорания породных отвалов, выполнен анализ технологических и технических параметров факторов самовозгорания ряда горящих и негорящих породных отвалов угледобывающих районов ДНР, обоснованы основная роль теории комплекса «уголь-кислород» в самовозгорании породных отвалов и подход по снижению углеродсодержащих компонентов из породы до складирования в породных отвалах.*

**Ключевые слова:** породный отвал, склонность к самовозгоранию, теория самовозгорания, технологический параметр, фактор самовозгорания, экологическая оценка

**Для цитирования:** Гомаль, И. И. Горно-геологические и технологические факторы, способствующие самовозгоранию породных отвалов / И. И. Гомаль, Е. Н. Свечкаренко, Н. В. Полякова // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2025. – № 4(55). – С. 60–72. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19885264>.

#### *Состояние проблемы*

Породные отвалы, особенно горящие, оказывают отрицательное влияние практически на все компоненты природной среды. Распоряжением Правительства РФ [1] в подпрограмме «Обеспечение экологической безопасности угольной промышленности» предусмотрена разработка мер по предупреждению самовозгорания и по тушению породных отвалов.

Процесс добычи каменного угля сопровождается выдачей на поверхность породы от проведения подготовительных горных выработок, которая на поверхности складирована в породных отвалах. Рост добычи угля приводит к увеличению объемов породы от проведения подготовительных выработок. Каждая тысяча тонн подземной добычи сопровождается выдачей на поверхность и складированием в отвалах 110–150 м<sup>3</sup> пород [2], что приводит к усилению техногенного влияния со стороны горнодобывающего комплекса на окружающую среду.

В шахтной отвальной массе содержится до 30 % горючих веществ, в отвальной массе обогатительных фабрик – до 45 % по объему. В среднем по Донецкому бассейну потери угля в отвальной массе составляют около 1,5 % подземной добычи [2–4].

В настоящее время на территории Донецкой Народной Республики расположены около 632 породных отвалов, в том числе 132 отвала – горящие. При этом необходимо отметить: процессы горения наблюдаются как на действующих породных отвалах, так и на недействующих – после остановки их эксплуатации в течение 7–12 лет.

Процесс горения отвалов является опасным источником выбросов в атмосферу больших концентраций угарного газа, сероводорода и других токсичных веществ, отрицательно влияющих на экологическую систему региона, и требует значительных капитальных затрат для приведения горящих отвалов в экологически безопасное состояние [2–6].

При горении отвалов выделяющиеся вредные вещества распространяются на значительные расстояния, превышая при этом предельно-допустимые концентрации в прилегающих населенных пунктах, находящихся в санитарно-защитной зоне. Поэтому ликвидация причин самовозгорания породных отвалов является актуальной задачей для обеспечения экологической безопасности угольных регионов.

#### *Цель исследования*

Определение горно-геологических и технологических факторов, способствующих самовозгоранию породных отвалов.

### *Анализ последних исследований и публикаций*

Мировой опыт в области исследований горения породных отвалов показывает важность и актуальность данной проблемы. Начиная с XVIII века изучением процесса самовозгорания и горения породных отвалов занимались ученые различных стран: Англии, США, Германии, Китая, Австралии, России.

Большой вклад внесли ученые Германии, Англии, но в настоящее время шахты в этих странах закрыты, а породные отвалы практически ликвидированы. Особую актуальность данная проблема представляет для Китая и России, на территории которых расположено множество породных отвалов. Ей посвящено много исследований [7–12].

Объективные решения по предотвращению самовозгорания породных отвалов базируются на изучении существующих теорий самовозгорания породных отвалов с целью определения наиболее оптимальной для условий Донбасса, влияющей на процесс самовозгорания.

На настоящий момент существует множество теорий самовозгорания угля и углесодержащей породы отвалов, основные из них представлены на рисунке.

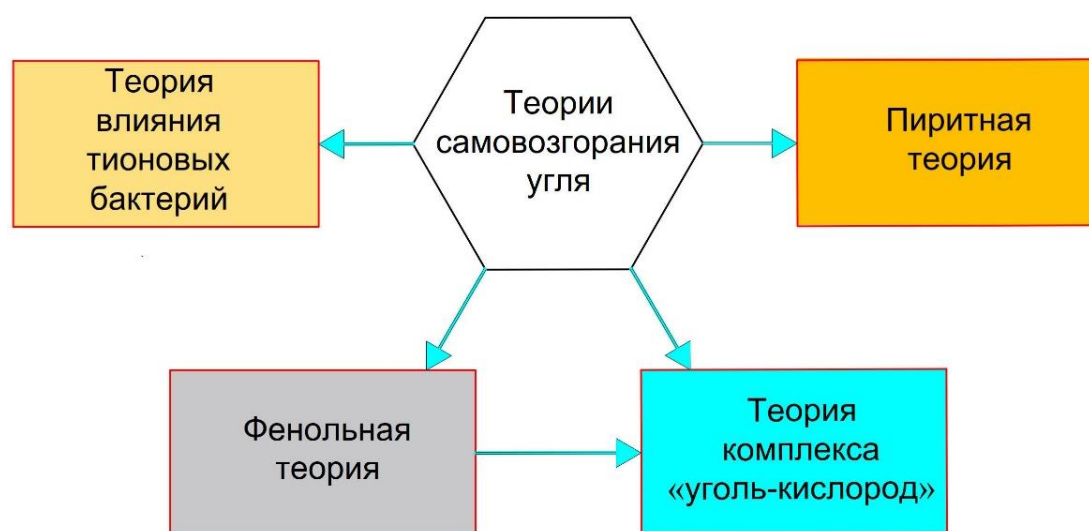


Рисунок – Теории самовозгорания углей и их связь между собой

Для определения факторов, влияющих на процессы самовозгорания породных отвалов, выполнен аналитический обзор существующих теорий самовозгорания.

Одной из первых является пиритная теория самовозгорания породных отвалов, выдвинутая в 60-х годах XIX века Ю. Либихом (Германия), согласно которой причиной самовозгорания является содержание пирита в углесодержащей породной массе отвалов. Его экспериментальные исследования, связанные с самовозгоранием угля (1840 г.), показали, что угли, содержащие пирит, более склонны к самонагреванию. Пирит ускоряет окисление органического вещества угля за счет образования серной кислоты и солей железа, присутствие воды усиливает реакцию окисления.

В результате экспериментальных исследований В. Гудман и С. У. Парр (США) подтвердили роль пирита в самовозгорании угля [13]. Пиритная теория основана на химической реакции дисульфида железа (пирита) с влагой и кислородом воздуха, происходящей с выделением тепла, достаточного для нагрева углесодержащей массы до температуры горения. Следствием экзотермической реакции является повышение температуры и вовлечение в процесс горения углисто-глинистых пород, находящихся в непосредственной близости к первоначальному очагу окисления.

Однако накопленная информация о случаях самовозгорания углей, которые вовсе не содержали пирита или содержали его в весьма незначительных количествах, а также наличие месторождений угля с большими включениями пирита, но не склонных к самовозгоранию на

воздухе, дала основание усомниться в абсолютной роли пирита в процессе [14]. Ряд исследователей – А. Путилин [13], Ф. Мюллерт [15] отводили пириту второстепенное значение, его роль – это только первоначальное подогревание угля.

В основе бактериальной теории самовозгорания лежит биохимическое окисление содержащихся в углепородном материале сульфидов в результате деятельности тионовых бактерий (*Thiobacillus ferrooxidans*). Впервые предположение о том, что бактерии могут влиять на окисление пирита, выдвинул в конце XIX века немецкий химик Ф. Мюллерт.

Изучение влияния тионовых бактерий на природные минеральные соединения началось в 50–60 годах XX века. Исследователями в области микробиологии С. И. Кузнецовым, М. В. Ивановой, Н. Н. Ляликовой и, позднее, М. А. Глазовской и Н. Г. Добровольской рассмотрены процессы окисления минералов, в том числе пирита в угле, с участием тионовых бактерий.

В своей работе [14] А. А. Скочинский также отмечал роль бактерий в процессе окисления, но при этом подвергал сомнению значимость этого фактора при самовозгорании.

В результате исследований, проведенных учеными Донецкого национального технического университета М. П. Зборщиком и В. В. Осокиным научно доказано участие тионовых бактерий в процессе разложения пирита и других сульфидов [16]. Биохимические процессы в породах терриконов приводят к полному разложению пирита с образованием  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  и элементной серы. Выделение тепла вследствие этих реакций приводит к разогреву пород, и дальнейшему возгоранию паров серы и углесодержащих материалов породных отвалов.

Фенольная теория самовозгорания угля связывает самовозгорание с присутствием в угле фенольных групп и их реакцией с кислородом [13]. Механизм окисления, согласно фенольной теории, представляет собой процесс реакции фенольных групп ( $-\text{OH}$ ) молекулярной структуры угля с кислородом, в результате которого образуются пероксиды и гидропероксиды. Эти промежуточные соединения неустойчивы и распадаются с выделением тепла, запуская дальнейшее окисление угля. Если теплообмен с внешней средой ограничен – температура растет, ускоряя реакцию, при достижении критического уровня происходит самовозгорание.

Саранчук В. И. [17] отмечал, что большое содержание фенольных групп в молодых углях послужило основанием для разработки фенольной теории окисления углей. Фенольная теория объясняет самовозгорание через окисление активных функциональных групп в угле. Поэтому эту теорию можно рассматривать как частный случай общей теории комплекса «уголь-кислород».

В начале XX века английскими авторами была выдвинута теория «уголь кислородного комплекса», которая в дальнейшем получила широкое признание. Огромный вклад в развитие этой теории был внесен советскими учеными А. А. Скочинским и затем Н. М. Караваевым, В. Ф. Орешко, В. И. Касаточкиным и другими.

Веселовский В. С. обозначил три основные причины самовозгорания угля: способность угля окисляться кислородом воздуха, приток воздуха и повышение температуры из-за генерации тепла, выделяемого при окислении [15].

Согласно уголь-кислородной теории, самовозгорание угля обуславливается физико-химическими и теплофизическими процессами, протекающими в пористом скоплении угля. Основным источником тепла, за счет которого происходит изменение температуры, являются химические реакции окисления углесодержащего вещества кислородом, поступающим извне.

Эта теория объясняет самовозгорание углесодержащего материала сорбционными и окислительными процессами при поглощении углем кислорода воздуха, происходящими с выделением тепла. В начале процесса происходит физическая адсорбция кислорода на

поверхности и порах угля, а затем при температурах от 50 °С – хемосорбция, при которой образуются неустойчивые кислородные соединения типа перекисей. При достижении температур 60–80 °С начинается распад перекисей с дальнейшим экспоненциальным ростом температуры.

Выделяющееся при этом тепло ускоряет взаимодействие угля с кислородом. Затем происходит их расщепление до углекислоты, окиси углерода и воды. При этом выделяется до 70 % тепла, образующегося при окислении [14].

Принято считать, что критической температурой при самонагревании является для бурых углей 40–60 °С, для каменных углей 60–70 °С, для антрацитов 80 °С [13]. При достижении критической точки температуры происходит быстрый рост температуры с последующим самовозгоранием угольной составляющей.

В результате изучения механизмов окисления угля и отвальной массы, проводимых в Донецком институте органической химии и углехимии им. Л. М. Литвинова, В. И. Саранчук сделал вывод об общем механизме их окисления [17].

Процессы, описываемые в теории комплекса «уголь-кислород», происходят на границе раздела твердой и газообразной фазы. Особое значение приобретает наличие свободной поверхности угольного вещества. Учитывая, что угли относятся к своеобразному классу природных сорбентов и имеют развитую пористую структуру [17], то, как следствие, его развитая свободная поверхность увеличивает способность к окислению.

Для систематизации параметров причин самовозгорания породных отвалов современные исследователями Б. С. Пановым, Ю. А. Проскурня [18] разработана модель самовозгорания породных отвалов, обобщающая причины самовозгорания и горения породных отвалов, основанная на изложенных выше теориях с учетом горно-геологических и климатических факторов, влияющих на процессы самовозгорания породных отвалов.

Результаты проведенных аналитических исследований в области самовозгорания породных отвалов показывают, что на данный момент в научных кругах нет единого мнения, позволяющего сделать однозначный вывод об основной причине самовозгорания породных отвалов. Однако большинство авторов отводят главную роль теории комплекса «уголь-кислород», определяющими условиями которой являются наличие углесодержащих компонентов и доступ кислорода к породной массе.

Обобщая теоретические исследования и накопленный практический опыт можно сделать вывод, что для предотвращения самовозгорания наиболее результативным способом является снижение углесодержащих компонентов в шахтной породе до складирования ее в породных отвалах.

### ***Изложение основного материала***

Горящие отвалы являются одной из основных проблем угледобывающих районов, так как в результате горения выделяются вредные вещества: оксид углерода, диоксид углерода, диоксид серы, сернистый ангидрид, сероводород, сероуглерод, серооксид углерода, оксид азота, серная кислота, цианводород, аммиак, цианиды и др., оказывающие негативное влияние на экологическое состояние окружающей среды [2, 3, 10].

Горение породных отвалов вызывает образование пустот, обрушение и осадку горелых пород, осыпи, выбросы и термические оползневые деформации, что приводит к аварийным ситуациям и трагическим последствиям: взрывы отвалов на шахтах им. Ильича треста «Кадиевуголь», шахте им. Г. Димитрова привели к гибели людей [18].

Объем валовых выбросов вредных веществ от горения породных отвалов зависит от стадии горения, определяющейся температурой горения в очагах, площади очагов горения, степени метаморфизма угольных включений в отвальной массе. Валовые выбросы вредных веществ в результате горения некоторых породных отвалов приведены в таблице 1 [19].

Таблица 1 – Валовые выбросы вредных веществ

Шахта	Эксплуатационное состояние	Тепловое состояние	Площадь очагов горения, м <sup>2</sup>	Выбросы, т/год						
				N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	Суммарное газовыделение
Южнодонбасская № 1	не действующий	горящий	302,2	–	0,76	112,44	1 169,3	10,08	25,48	1 318,1
им. Засядько	действующий	затухающий	40	–	0,18	34,84	–	4,86	8,31	48,19
им. Т. Г. Шевченко	не действующий	горящий	271	–	2,33	287,64	–	24,99	65,19	380,15
Прогресс	не действующий	горящий	102,1	–	0,175	105,37	–	5,673	23,37	134,59
Шахтерская-Глубокая	не действующий	затухающий	–	1,18	–	118,76	–	6,90	11,88	138,76

В настоящее время формирование породных отвалов осуществляется в соответствии с нормами и правилами, предусматривающими мероприятия против их самовозгорания [20]. На практике при формировании породных отвалов возможно предотвратить только одну из причин самовозгорания породных отвалов – доступ кислорода в породную массу путем уплотнения породной массы и нанесения инертного материала. Однако соблюдение этих мероприятий не исключает процессов горения, так как эти мероприятия не всегда реализуются в должной мере, требуют достаточно большого количества бульдозерной и экскаваторной техники, значительного объема инертного материала и усложнения организационных работ при формировании отвала. При этом необходимо отметить, что на ряде породных отвалов после тушения и рекультивации наблюдались рецидивы повторного самовозгорания. Так, породный отвал № 3 шахты им. 60-летия Советской Украины (г. Макеевка), тепловое состояние которого характеризовалось следующими показателями: начало горения 1997 г., тушение 1999–2002 годы, 2007 год – повторное возгорание; шахта «Южно-Донбасская № 3» – по данным паспорта породного отвала: начало эксплуатации – 1985 г., в 2007 г. – отмечались очаги нагрева на изолированном сформированном втором ярусе отвала [21].

Предупреждение горения и тушение породных отвалов связаны с постоянными значительными текущими затратами. Ориентировочно стоимость тушения 1 м<sup>2</sup> породного отвала составляет порядка 900 руб., а температурная съемка 1 га порядка – 230 тыс. руб., при этом на участке работ отвал находится во временно нерабочем состоянии, что сопряжено с дополнительными издержками. Так стоимость тушения породного отвала шахты «Кондратьевка» в 2020 г. составила 9,8 млн руб. По оценке ГБУ «Донгипрошахт», выполненной при разработке проектов ликвидации шахт, капитальные затраты на реализацию мероприятий по тушению, переформированию с понижением высоты, рекультивации и озеленению горящих отвалов в Торезско-Снежнянском районе ДНР составляют 500 млн руб. [19].

В соответствии с нормативным документом [20] одним из требований по предупреждению пожароопасности породных отвалов является снижение содержания горючих веществ при добыче и обогащении полезных ископаемых в горной массе, направляемой на складирование в породные отвалы. Наличие угля в шахтной породе – это неизбежное следствие сочетания геологических и технологических факторов при проведении подготовительных горных выработок.

Геологические факторы определяются особенностями залегания пластов, в которых встречаются включения породы в уголь, и наоборот. В таких условиях, даже при самой тщательной выемке, избежать попадания угля в породу практически нереально.

Технологические факторы связаны с несовершенством технологии выемки комбайнами, при проведении выработок захватываются участки угля вместе с породой, особенно при наличии тонких угольных прослоек в кровле пласта («ложная кровля») и углесодержащих включений в почве пласта («кучерявчик»).

Таким образом, в шахтной породе от проведения подготовительных горных выработок, выдаваемой на поверхность и складываемой на породных отвалах, угольные включения присутствуют в значительных количествах и являются основным фактором в возникновении самовозгорания породных отвалов. Так на шахте «Шахтерская-Глубокая» в общем объеме шахтной породы от проведения подготовительных горных выработок, выдаваемой на поверхность – 115 400 т, объем угольных включений – 29 300 т, что составляет 25,4 % [19].

Анализ рассмотренных теорий самовозгорания угля для породных отвалов угольных шахт ДНР показал:

- пиритная теория играет определенную роль в процессе самовозгорания породных отвалов. Однако показатели содержания пирита в угле не являются определяющим фактором самовозгорания угля: на породных отвалах шахт «Иловайская», «Комсомолец Донбасса» при содержании серы в отвальной массе, соответственно – 4,1 % и 3,0 %, горение породных отвалов не отмечается;

- бактериальная теория, основанная на участии тионовых бактерий в процессах окисления пирита, определяющего самостоятельного значения для самовозгорания угля не имеет;

- теория комплекса «уголь-кислород» имеет определяющее значение для самовозгорания угля, что подтверждается горением породных отвалов при содержании органического углерода в отвальной массе более 10,0 % на ряде шахт ДНР: шахта им. Челюскинцев – 17,29 % и содержании серы – 1,9 %; шахта «Холодная Балка» – 13,0 % и содержании серы – 0,4 %.

Таким образом, анализ теплового состояния рассмотренных породных отвалов угольных шахт ДНР показал, что наиболее полно и обосновано описывает причины самовозгорания породных отвалов теория комплекса «уголь-кислород», определяющими условиями которой являются наличие углесодержащих компонентов и доступ кислорода к породной массе.

Все другие рассмотренные теории, в которых не учитывается содержание углесодержащих компонентов в отвальной массе, особого влияния на горение породных отвалов не оказывают и играют при этом второстепенную роль – первоначальное нагревание угля [13].

Склонность углей к самовозгоранию определяется следующими основными технологическими и техническими параметрами:

- степень метаморфизма угля Донбасса: каменные угли – средняя степень метаморфизма, антрациты – высокая степень метаморфизма;

- зольность углевмещающих пород;

- содержание органического углерода;

- содержание серы: по содержанию серы угли Донбасса классифицируются как низкосернистые (до 1,5 %), среднесернистые (1,5–2,5 %), сернистые (2,5–4,0 %) и высокосернистые (более 4,0 %);

- тепловое состояние действующих и недействующих породных отвалов.

Основными критериями склонности углей к самовозгоранию являются содержание органического углерода в углепородной массе более 10 % и содержание серы более 2 % [18].

Для обоснования основной роли теории комплекса «уголь-кислород» в самовозгорании породных отвалов нами выполнен анализ технологических и технических параметров самовозгорания наиболее типичных горящих и негорящих породных отвалов угледобывающих районов ДНР.

На основании фактических данных, приведенных в паспортах отвалов угольных шахт выполнен анализ их технологических параметров, влияющих на процессы самовозгорания, с учетом значений показателей характеристики породной массы и теплового состояния действующих и недействующих отвалов и их эксплуатационного состояния [19].

Значения показателей зольности ( $A^d$ ), содержания серы ( $S$ ), влажности ( $W$ ) углевещающих пород отвалов приняты по данным паспортов породных отвалов и расчетным параметрам с учетом значений показателей породы от проведения подготовительных горных выработок [19, 21–24]. Значения показателей содержания органического углерода ( $C_o^d$ ) в углесодержащих породах определены расчетно-аналитическим методом в соответствии с работой [25]:

$$C_o^d = a - b \cdot A^d,$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты, зависящие от угольных бассейнов, степени метаморфизма органического вещества породы отвалов;

$A^d$  – зольность породных отвалов.

Фактические данные породных отвалов и результаты выполненных расчетов приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Характеристика горящих породных отвалов

Породные отвалы угольных шахт ДНР	Технологические параметры				Тепловое состояние	Эксплуатационное состояние
	$A^d$ , %	$C_o^d$ , %	$S$ , %	$W$ , %		
им. Челюскинцев – отвал № 2	71,2	17,3	1,9	10	зафиксировано горение в 2009 г.	недействующий
Южно-Донбасская № 3 – отвал	80,4	11,5	1,49	6	очаги возгорания	действующий
им. Скочинского – отвал № 2	83,0	8,9	0,3	–	затухающий	действующий
им. 60-летия Советской Украины – отвал № 3	76,6	17,8	3,9	6,7	горящий	действующий
Холодная Балка – отвал шахты «2-2 бис»	79,5	14,9	3,9	6	горящий до 1997 г., с 1997 г. – негорящий, частично озеленен, перегоревший	недействующий
Прогресс – отвал № 5	85,6	9,1	0,6	8,2	горящий с 1982 г., в настоящее время – затухающий	недействующий
Шахтерская-Глубокая – отвал шахты «2-2 бис»	84,5	9,1	0,1	7,4	горящий 2004–2015 гг., с 2016 г. – негорящий	недействующий

Таблица 3 – Характеристика негорящих породных отвалов

Породные отвалы угольных шахт ДНР	Технологические параметры				Тепловое состояние	Эксплуатационное состояние
	$A^d$ , %	$C_o^d$ , %	$S$ , %	$W$ , %		
им. Челюскинцев – отвал № 5	92,0	1,48	0,35	6,0	негорящий	действующий
Южно-Донбасская № 1	84,0	7,6	1,52	7,3	негорящий	действующий
Иловайская – отвал № 2/3	80,4	8,5	4,1	6,0	негорящий	действующий
им. 60-летия Советской Украины – отвал № 1	85,5	9,1	1,47	6,7	негорящий	недействующий
Комсомолец Донбасса – отвал	85,0	8,9	3,0	8,0	негорящий	действующий
Шахтерская-Глубокая – отвал № 12	87,9	6,8	1,0	7,4	негорящий	действующий

Результаты анализов технологических параметров породной массы отвалов, представленные в таблицах 1 и 2, показывают:

- прямую связь процесса горения породных отвалов с количественными показателями содержания углерода в отвальной массе. Рассмотренные отвалы с показателями содержания органического углерода выше 10,0 % подвержены горению;

- влияние содержания серы в отвальной массе на процесс горения породных отвалов неоднозначное. Отмечаются случаи горения породных отвалов как при содержании серы ниже критического значения  $S = 2,0$  % (горение породного отвала шахты «Комсомолец Донбасса» в 1994–2007 гг. при содержании серы в отвальной массе  $S = 0,8$  %), и отсутствие горения породных отвалов при высоких значениях  $S = 4,1$  % [19].

Таким образом, фактическое тепловое состояние породных отвалов, по результатам выполненного анализа, подтверждает основную роль в самовозгорании и горении породных отвалов: наличие угля в отвальной массе, а, следовательно, и достоверность теории комплекса «уголь-кислород». При этом, подтверждается мнение ряда исследователей о второстепенной роли «пиритной теории» в самовозгорании породных отвалов – первоначальное подогревание угля.

### **Выводы**

Результаты проведенных аналитических исследований в области самовозгорания породных отвалов показывают, что на данный момент в научных кругах нет единого мнения, позволяющего сделать однозначный вывод об основной причине самовозгорания породных отвалов. Однако большинство авторов отводят главную роль теории комплекса «уголь-кислород», определяющими условиями которой являются наличие углесодержащих компонентов и доступ кислорода к породной массе.

Выполненный практический анализ технологических и технических параметров породных отвалов по ряду угольных шахт показал прямую связь процесса горения породных отвалов с наличием углесодержащих компонентов и количественными показателями содержания углерода в отвальной массе. Отвалы с показателями содержания органического углерода выше 10 % подвержены горению. Влияние содержания серы в отвальной массе на процесс горения породных отвалов неоднозначное. Установлены случаи горения породных отвалов как при содержании серы ниже критического значения (2 %), так и отсутствие горения породных отвалов при высоких ее значениях (4,1 %).

На основе выполненных исследований с учетом факторов, влияющих на процесс самовозгорания породных отвалов, установлено что наиболее эффективным способом предотвращения их самовозгорания является минимизация содержания углесодержащих компонентов в породной массе от проведения подготовительных выработок угольных шахт, выдаваемой на поверхность, до ее складирования в отвал.

В рамках дальнейшего развития исследований по решению проблемы самовозгорания породных отвалов, рассмотренной в данной статье, планируется разработка технологии по снижению углесодержащих компонентов в породе от проведения подготовительных выработок.

*Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.*

### **Список литературы**

1. Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года : утверждена Распоряжением Правительства РФ от 13.06.2020 № 1582-п : редакция от 21.10.2024. – URL: <http://government.ru/docs/39871/>. – Дата публикации: 14.06.2020. – Текст : электронный.
2. Терриконы : монография / Л. Г. Зубова, А. Р. Зубов, А. А. Зубов [и др.]. – Луганск : Ноулидж, 2015. – 712 с. – ISBN 978-617-579-953-6. – Текст : электронный // Геологическая библиотека : [сайт]. – URL: <https://www.geokniga.org/books/16806?ysclid=mjsomcjp10229874813> (дата обращения: 23.10.2025).
3. Повышение экологической безопасности породных отвалов угольных шахт : монография / А. Р. Зубов, Л. Г. Зубова, С. Г. Воробьев [и др.]. – Луганск : Изд-во ВНУ имени В. Даля, 2012. – 176 с. – ISBN 978-966-590-948-4. – Текст : электронный // Геологическая библиотека : [сайт]. – URL: <https://www.geokniga.org/books/16676?ysclid=mjsouzmszi338754433> (дата обращения: 24.10.2025).

4. Зинченко, И. Н. Численный метод решения задачи об очаговом самонагревании шахтной породы / И. Н. Зинченко, О. П. Пашковский, К. В. Глушенко. – Текст : электронный // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах : материалы XII Международной научно-практической конференции / под ред. С. Г. Костюк, Кемерово, 22–23 ноября 2017 г. – Кемерово : КузГТУ имени Т. Ф. Горбачева, 2017. – С. 137-1. – URL: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/BGD/2017/bgd2017/pages/Articles/137.pdf> (дата обращения 27.10.2025).
5. Терриконы углепромышленных районов Донбасса как источник воздействия на окружающую среду / В. Е. Закруткин, Л. Г. Зубова, Е. В. Гибков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия «Естественные науки». – 2017. – № 3. – Ч. 1. – С. 69–75.
6. Высоцкий, С. П. Экологический мониторинг породных отвалов горнопромышленных агломераций / С. П. Высоцкий, Д. А. Козырь. – Текст : электронный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332, № 11. – С. 37–46. – DOI: 10.18799/24131830/2021/11/2964. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47371083> (дата обращения: 28.10.2025).
7. Породные отвалы угольных шахт России / С. З. К. Калаева, С. М. Богданов, Н. О. Лукин, А. А. Огер. – Текст : электронный // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2016. – № 1. – С. 3–23. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25829356> (дата обращения: 28.10.2025).
8. Study on the evolution characteristics of coal spontaneous combustion and gas coupling disaster region in goaf / Yu. Zheng, Sh. Li, Sh. Xue [et al.]. – Текст : электронный // Fuel. – 2023. – V. 349, 128505. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128505> (дата обращения 29.10.2025).
9. Study on controlling factors and developing a quantitative assessment model for spontaneous combustion hazard of coal gangue / V. Han, Yu. Zhang, Zh. Zou [et al.]. – Текст : электронный // Case Studies in Thermal Engineering. – 2024. – V. 54, 104039. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.104039> (дата обращения 30.10.2025).
10. Гендлер, С. Г. Актуальные проблемы возгорания угольных скоплений в породных отвалах / С. Г. Гендлер, А. С. Братских. – Текст : электронный // Горная Промышленность. – 2024. – № 5 S. – С. 71–77. – URL: <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-5S-71-77> (дата обращения: 31.10.2025).
11. Энергетическая модель самовозгорания углепородных отвалов / С. Б. Алиев, В. Н. Захаров, Б. М. Кенжин, Ю. М. Смирнов. – Текст : электронный // Уголь. – 2018. – № 12. – С. 86–91. – URL: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-12-86-91> (дата обращения: 03.11.2025).
12. Оценка длительности инкубационного периода самовозгорания углесодержащих пород отвалов / В. А. Портола, С. И. Протасов, А. А. Бобровникова, Е. А. Серегин. – Текст : электронный // Вестник : научно-технический журнал. – 2020. – № 4. – С. 36–41. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-dlitelnosti-inkubatsionnogo-perioda-samovozgoraniya-uglesoderzhashih-porod-otvalov/viewer> (дата обращения: 04.11.2025).
13. Тронов, Б. В. О механизме окисления каменного угля кислородом воздуха : Статья 6-я / Б. В. Тронов. – Текст : электронный // Известия Томского индустриального института имени С. М. Кирова. – Т. 60, Вып. III. – С. 11–28. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-mehanizme-okisleniya-kamennogo-uglya-kislorodom-vozduha/viewer> (дата обращения: 05.11.2025).
14. Скочинский, А. А. Рудничные пожары / А. А. Скочинский, В. М. Огиевский. – Москва : Углетехиздат, 1954. – 388 с.
15. Веселовский, В. С. Самовозгорание промышленных материалов / В. С. Веселовский, Н. Д. Алексева, Л. П. Виноградова [и др.] ; Государственный комитет по топливной промышленности при Госплане СССР, Ин-т горного дела имени А. А. Скочинского. – Москва : Наука, 1964. – 246 с.
16. Зборщик, М. П. Предотвращение самовозгорания горных пород / М. П. Зборщик, В. В. Осокин. – Киев : Техника, 1990. – 176 с. – ISBN 5-335-00177-1.
17. Саранчук, В. И. Окисление и самовозгорание угля / В. И. Саранчук. – Киев : Наукова думка, 1982. – 166 с.
18. Панов, Б. С. Модель самовозгорания породных отвалов угольных шахт Донбасса / Б. С. Панов, Ю. А. Проскурня. – Текст : электронный // Геология угольных месторождений : межвузовский научный тематический сборник. – Екатеринбург, 2002. – С. 274–281. – URL: <https://masters.donntu.ru/2008/ggeo/solovyova/library/2.html> (дата обращения: 06.11.2025).
19. Разработка предложений по снижению углеродсодержащих компонентов в породе от проведения подготовительных выработок угольных шахт до ее складирования : отчет о НИР (заключение) / ГБУ «Донгипрошахт» ; рук. Е. В. Лазуткин ; исполн. : Е. Н. Свечкаренко [и др.]. – Донецк, 2025. – 112 с. – Инв. № Н.16-02.
20. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по предупреждению экзогенной и эндогенной пожароопасности на объектах ведения горных работ угольной промышленности» : Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 27.11.2020 № Пр-469 : [зарегистрирован 15.12.2020 № 61466]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012150051> (дата обращения 07.11.2025). – Текст : электронный.
21. Технический отчет о температурной съемке породного отвала шахты «Южнодонецкая № 1» : отчет о НИР / рук. А. В. Карягин. – Угледар : Агентство экологического менеджмента и аудита, 2006. – 14 с. – Инв. № 977 мш/111.

22. Проведение температурной съемки на недействующем породном отвале № 5 : отчет о НИР / рук. Л. П. Островой ; исполн. Е. С. Шилова // Санитарно-профилактическая лаборатория ОП «Управление вспомогательного производства» ГП «Шахтерскантрацит» шахта «Прогресс» – Торез, 2016. – 3 с. – Инв. № 983 мш/149.
23. Проведение тепловых исследований недействующего породного отвала № 5 шахты «Прогресс» ГП «Торезантрацит» : отчет о НИР / рук. П. С. Пашковский ; исполн. : Д. И. Момот [и др.]. – Донецк : НИИГД и ПБ «Респиратор», 2011. – 17 с. – Инв. № 983 мш/148.
24. Проведение температурной съемки породного отвала шахты имени А. Ф. Засядько с определением количества выбрасываемых в атмосферу вредных веществ : отчет о НИР / рук. А. Е. Калусский. – Донецк : НПО «Респиратор», 1997. – 10 с. – Инв. № 1463 мш/149.
25. Технологическо-экологический инжиниринг при обогащении полезных ископаемых / А. Д. Полулях, П. И. Пилов, А. И. Егурнов, Д. А. Полулях. – Днепропетровск : НГУ, 2012. – 712 с.

## *References*

1. The program for the development of the coal industry of Russia for the period up to 2035: approved by the Order of the Government of the Russian Federation of June 13, 2020 No. 1582-r : revised on October 21, 2024. (In Russ.) URL: <http://government.ru/docs/39871/>. 14.06.2020.
2. Slag Heaps: monograph. L. G. Zubova, A. R. Zubov, A. A. Zubov [et al.]. Lugansk : Knowledge, 2015. 712 p. ISBN 978-617-579-953-6. Geological library : [website]. (In Russ.) URL: <https://www.geokniga.org/books/16806?ysclid=mjsomcjp10229874813>
3. Improving the Environmental Safety of Coal Mine Waste Dumps: monograph. A. R. Zubov, L. G. Zubova, S. G. Vorobyov [et al.]. Lugansk : Publishing house of V. Dahl National University, 2012. 176 p. ISBN 978-966-590-948-4. Geological library : [website]. (In Russ.) URL: <https://www.geokniga.org/books/16676?ysclid=mjsouzmszi338754433>
4. Zinchenko I. N. Numerical Method for Solving the Problem of Mine Rock Focal Self-heating. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti predpriyatii v promyshlennno razvitykh regionakh : materialy XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii pod red. S. G. Kostyuk. [Life Safety of Enterprises in Industrially Developed Regions: Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference edited by S. G. Kostyuk]. Kemerovo, 22–23 November 2017. Kemerovo : KuzSTU named after T. F. Gorbachev, 2017. Pp. 137-1. (In Russ.) URL: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/BGD/2017/bgd2017/pages/Articles/137.pdf>
5. Slag heaps of the Coal-mining Regions of Donbass as a Source of Environmental Impact. V. E. Zakrutkin, L. G. Zubova, E. V. Gibkov [et al.] Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Seriya «Estestvennye nauki». [News of higher educational institutions. North Caucasus region. Natural Sciences Series]. 2017. № 3. Part. 1. Pp. 69–75. (In Russ.)
6. Vysotskii S. P. Environmental Monitoring of Waste Dumps of Mining Agglomerations. Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov [Bulletin of Tomsk Polytechnic University. Georesources Engineering]. 2021. Vol. 332, № 11. Pp. 37–46. (In Russ.) DOI: 10.18799/24131830/2021/11/2964. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47371083>
7. Waste Dumps of Coal Mines in Russia. S. Z. K. Kalaeva, S. M. Bogdanov, N. O. Lukin, A. A. Oger. Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. [Bulletin of Tula State University. Earth Sciences]. 2016. № 1. Pp. 3–23. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25829356>
8. Study on the evolution characteristics of coal spontaneous combustion and gas coupling disaster region in goaf / Yu. Zheng, Sh. Li, Sh. Xue [et al.]. Fuel. 2023. V. 349, 128505. (In English) URL: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128505>
9. Study on controlling factors and developing a quantitative assessment model for spontaneous combustion hazard of coal gangue. B. Han, Yu. Zhang, Zh. Zou [et al.]. Case Studies in Thermal Engineering. 2024. V. 54, 104039. (In English) URL: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.104039>
10. Gendler S. G. Current Problems of Ignition of Coal Accumulations in Waste Dumps. Gornaya Promyshlennost'. [Mining Industry]. 2024. № 5 S. Pp. 71–77. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-5S-71-77>
11. Energy Model of Spontaneous Combustion of Coal and Rock Dumps. S. B. Aliev, V. N. Zakharov, B. M. Kenzhin, Yu. M. Smirnov. Ugol'. [Coal]. 2018. № 12. Pp. 86–91. (In Russ.) URL: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-12-86-91>
12. Estimation of the Incubation Period Duration of Spontaneous Combustion of Coal-containing Rocks from Waste Dumps. V. A. Portola, S. I. Protasov, A. A. Bobrovnikova, E. A. Seregin. Vestnik : nauchno-tekhnicheskii zhurnal. [Bulletin: scientific and technical journal]. 2020. № 4. Pp. 36–41. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-dlitel'nosti-inkubatsionnogo-perioda-samovozgoraniya-uglesoderzhaschih-porod-otvalov/viewer>
13. Tronov B. V. Mechanism of the Coal Oxidation by Atmospheric Oxygen: Article 6. Izvestiya Tomskogo industrial'nogo instituta imeni S. M. Kirova. [News of the Tomsk Industrial Institute named after S. M. Kirov]. Vol. 60, Issue III. Pp. 11–28. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-mehanizme-okisleniya-kamennogo-uglya-kislorodom-vozduha/viewer>
14. Skochinskii A. A. Mine Fires. Moscow: Ugletekhizdat, 1954, 388 p.

15. Veselovskii V. S. Spontaneous Combustion of Industrial Materials. V. S. Veselovskii, N. D. Alekseeva, L. P. Vinogradova [et al.] ; Gosudarstvennyi komitet po toplivnoi promyshlennosti pri Gosplane SSSR, In-t gornogo dela imeni A. A. Skochinskogo [State Committee for the Fuel Industry under the USSR State Planning Committee, A. A. Skochinsky Mining Institute]. Moskva : Nauka, 1964. 246 p. (In Russ.)
16. Zborshchik M. P. Prevention of Spontaneous Combustion of Rocks. M. P. Zborshchik, V. V. Osokin. Kiev : Technika, 1990. 176 p. ISBN 5-335-00177-1. (In Russ.)
17. Saranchuk V. I. Oxidation and Spontaneous Combustion of Coal. Kiev: Naukova Dumka, 1982. 166 p. (In Russ.)
18. Panov B. S. Model of Spontaneous Combustion of Waste Dumps in Donbass Coal Mines. B. S. Panov, Yu. A. Proskurnya. Geologiya ugol'nykh mestorozhdenii : mezhvuzovskii nauchnyi tematicheskii sbornik [Geology of Coal Deposits : Interuniversity Scientific Thematic Collection]. Ekaterinburg, 2002. Pp. 274–281. (In Russ.) URL: <https://masters.donntu.ru/2008/ggeo/solovyova/library/2.html>
19. Development of proposals for reducing carbon-containing components in rock from the development of coal mines to its storage: research report (conclusion). State Budgetary Institution “Dongiproshakht”; head. E. V. Lazutkin; performer: E. N. Svechkarrenko [et al.]. Donetsk, 2025. 112 p. Inv. No. H.16-02. (In Russ.)
20. On approval of the Federal norms and rules in the field of industrial safety “Instructions for the prevention of exogenous and endogenous fire hazards at mining facilities in the coal industry” : Order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision dated November 27, 2020 No. Pr-469: [registered December 15, 2020 No. 61466]. (In Russ.) URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012150051>
21. Technical report on temperature survey of rock dump of Yuzhnodonbasskaya No. 1 mine: research report. Head A. V. Karyagin. Ugledar : Environmental Management and Audit Agency, 2006. 14 p. Inv. No. 977 msh/111. (In Russ.)
22. Temperature survey at inactive waste dump No. 5: research report. Supervised by L. P. Ostrovoy; executed by E. S. Shilova. Sanitary and preventive laboratory of the auxiliary production department of the Shakhterskanratsit state enterprise, mine “Progress”. Torez, 2016. 3 p. Inv. No. 983 msh/149. (In Russ.)
23. Conducting thermal studies of the inactive waste dump No. 5 of the mine “Progress” of the Torezanratsit state enterprise: research report. Head: P. S. Pashkovsky; Performed by: D. I. Momot [et al.] Donetsk : Research Institute of Mining and Rock Safety “Respirator”, 2011. 17 p. Inv. No. 983 msh/148. (In Russ.)
24. Carrying out a temperature survey of the rock dump of the A. F. Zasyadko mine with the determination of the amount of harmful substances emitted into the atmosphere: research report. Head of research. A. E. Kalyusky. Donetsk : NPO Respirator, 1997. 10 p. Inv. No. 1463 msh/149. (In Russ.)
25. Technological and Ecological Engineering in Mineral Processing. A. D. Polulyakh, P. I. Pilov, A. I. Egurnov, D. A. Polulyakh. Dnepropetrovsk : NSU, 2012. 712 p. (In Russ.)

*Статья поступила 11.11.2025*

© И. И. Гомаль, Е. Н. Свечкаренко, Н. В. Полякова, 2025

*Рецензент: В. В. Лихачева, канд. техн. наук, доц.,*

*Автомобильно-дорожный институт*

*(филиал) ДонНТУ в г. Горловка*

***И. И. Гомаль, Е. Н. Свечкаренко, Н. В. Полякова***

### **Горно-геологические и технологические факторы, способствующие самовозгоранию породных отвалов**

Породные отвалы, особенно горящие, оказывают отрицательное влияние практически на все компоненты природной среды.

Рассмотрены существующие теории самовозгорания породных отвалов. Результаты проведенных аналитических исследований в области самовозгорания породных отвалов показывают, что на данный момент в научных кругах нет единого мнения, позволяющего сделать однозначный вывод об основной причине их самовозгорания.

Установлено, что наиболее полно и обосновано описывает причины самовозгорания породных отвалов теория комплекса «уголь-кислород», определяющими условиями которой являются наличие углесодержащих компонентов и доступ кислорода к породной массе.

Выполнен практический анализ технологических и технических параметров факторов самовозгорания ряда горящих и негорящих породных отвалов угледобывающих районов ДНР. Анализ показал прямую связь процесса горения породных отвалов с наличием углесодержащих компонентов и количественными показателями содержания углерода в отвальной массе. Отвалы с показателями содержания органического углерода выше 10 % подвержены горению.

Влияние содержания серы в отвальной массе на процесс горения породных отвалов неоднозначное. Установлены случаи горения породных отвалов как при содержании серы ниже критического значения (2 %), так и отсутствие горения при высоких ее значениях (4,1 %).

На основе выполненных исследований, с учетом факторов, влияющих на процесс самовозгорания породных отвалов, установлено, что наиболее эффективным способом предотвращения их самовозгорания является минимизация содержания углесодержащих компонентов в породной массе от проведения подготовительных выработок угольных шахт, выдаваемой на поверхность, до ее складирования в отвал.

ПОРОДНЫЙ ОТВАЛ, СКЛОННОСТЬ К САМОВОЗГОРАНИЮ, ТЕОРИЯ САМОВОЗГОРАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРАМЕТР, ФАКТОР САМОВОЗГОРАНИЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

*I. I. Gomal, E. N. Svechkarenko, N. V. Poliakova*

### **Mining, Geological and Technological Factors Contributing to Spontaneous Combustion of Waste Dumps**

Rock waste, especially burning ones, have a negative impact on almost all components of the natural environment.

The existing theories of spontaneous combustion of waste dumps are considered. The results of analytical studies conducted in the field of spontaneous combustion of waste rock dumps show that at the moment there is no consensus in scientific circles that would allow a definitive conclusion to be made about the main cause of their spontaneous combustion.

It is established that the theory of the "coal-oxygen" complex, the determining conditions of which are the carbon-containing components and access of oxygen to the rock mass, most fully and reasonably describes the causes of spontaneous combustion of rock dumps.

The practical analysis of the technological and technical parameters of spontaneous combustion factors of a number of burning and non-burning waste dumps in coal mining areas of the DPR is carried out. The analysis showed a direct connection between the combustion process of waste rock with the carbon-containing components and quantitative indicators of carbon content in the waste mass. Waste heaps with organic carbon content above 10 % are susceptible to combustion.

The impact of sulfur content in waste material on waste rock combustion is controversial. Waste rock combustion is documented both at sulfur content below the critical value (2 %) and at high sulfur content (4,1 %).

Based on the conducted research, taking into account the factors influencing the spontaneous combustion of waste dumps, it is established that the most effective way to prevent their spontaneous combustion is to minimize the content of carbon-containing components in the waste from the development of coal mine workings brought to the surface until its disposal in the waste dump.

ROCK DUMP, LIKELIHOOD TO SPONTANEOUS COMBUSTION, SPONTANEOUS COMBUSTION THEORY, TECHNOLOGICAL PARAMETER, SPONTANEOUS COMBUSTION FACTOR, ECOLOGICAL ASSESSMENT

#### **Сведения об авторах:**

##### **Гомаль Иван Иванович**

Доцент, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет»,  
г. Донецк, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 1496-5099  
ORCID ID: 0000-0002-6730-4899  
Телефон: +7 949 320-59-14  
Эл. почта: ivan.gomal.77@mail.ru

##### **Свечкаренко Елена Николаевна**

Начальник отдела технологии поверхности и генплана Государственного бюджетного учреждения «Донгипрошахт»,  
г. Донецк, ДНР, Российская Федерация,

Телефон: +7 949 320-58-28  
Эл. почта: elena.svechkarenko@rambler.ru

##### **Полякова Наталья Владимировна**

Главный инженер отдела технологии поверхности и генплана Государственного бюджетного учреждения «Донгипрошахт», г. Донецк, ДНР, Российская Федерация,

Телефон: +7 949 396-07-28  
Эл. почта: polykova.natalay@mail.ru

**Authors' information:****Gomal Ivan Ivanovich**

Docent, Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor of the Chair "Mineral Deposit Development" of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University", Donetsk, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 1496-5099

ORCID ID: 0000-0002-6730-4899

Phone: +7 949 320-59-14

Email: ivan.gomal.77@mail.ru

**Svechkarenko Elena Nikolaevna**

Head of the Department of Surface Technology and General Plan of the State Budgetary Institution "Dongiproshakht", Donetsk, DPR, Russian Federation,

Phone: +7 949 320-58-28

Email: elena.svechkarenko@rambler.ru

**Poliakova Natalia Vladimirovna**

Chief Engineer of the Department of Surface Technology and General Plan of the State Budgetary Institution "Dongiproshakht", Donetsk, DPR, Russian Federation,

Phone: +7 949 396-07-28

Email: polykova.natalay@mail.ru

## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

---

УДК 334.021:378

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19913393>

Е. П. Мельникова, С. В. Борщевский, Е. А. Шумаева, В. И. Зарубин

### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНОВ ВЛАСТИ И ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ В РОССИИ

*Статья посвящена анализу системы управления высшим образованием в Российской Федерации. Основное внимание уделено ключевым целям и задачам развития этой сферы. Рассмотрены основы государственной политики в сфере образования, закрепленные в Конституции и федеральных законах, а также роль регионального управления в удовлетворении образовательных и социально-экономических потребностей населения. Особое внимание уделено процессам регионализации высшего образования как важным факторам повышения его доступности и качества. Показан опыт взаимодействия между вузами, региональными органами власти и общественными структурами, а также предложены инструменты координационного управления, такие как сетевые структуры и партнерские отношения. Рассмотрены финансовые аспекты реализации государственной программы развития образования, ее связь с национальными проектами и прогнозы численности обучающихся и педагогических работников на ближайшие годы.*

**Ключевые слова:** государственная политика, сфера образования, взаимодействие, высшее образование, обучающиеся, региональные органы власти, финансовый аспект

**Для цитирования:** Взаимодействие органов власти и высших учебных заведений в России / Е. П. Мельникова, С. В. Борщевский, Е. А. Шумаева, В. И. Зарубин // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2025. – № 4(55). – С. 73–85. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19913393>.

#### Введение

Современное развитие системы образования в Российской Федерации обусловлено необходимостью обеспечения ее доступности, качества и соответствия требованиям инновационного общества. В условиях стремительных изменений в экономике, науке и технологиях образование становится ключевым фактором конкурентоспособности страны и ее регионов. Особую актуальность приобретает совершенствование механизмов управления образовательной системой на всех уровнях – от школьного до высшего образования. Это связано не только с задачей повышения эффективности, но и с необходимостью адаптации образовательных программ к реальным потребностям рынка труда, а также с реализацией принципа непрерывного образования на протяжении всей жизни.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что в последние годы все более заметной становится роль регионального управления в обеспечении соответствия образовательных процессов местным социально-экономическим условиям. Однако, несмотря на определенные шаги в сторону регионализации, сохраняются значительные трудности в координации действий между федеральными и региональными органами власти, а также между вузами и общественными структурами. Отсутствие четко прописанных механизмов участия регионов в управлении вузами федерального подчинения приводит к снижению их вовлеченности в развитие образовательной системы, что, в свою очередь, ограничивает возможности для инновационного роста и формирования экономики нового типа.

В этой связи особое значение приобретает разработка и внедрение новых организационных подходов, включая координационное управление и сетевые формы взаимодействия между участниками образовательного процесса. Такие подходы позволяют не только повысить эффективность управления, но и усилить взаимодействие между вузами, региональными

властями и работодателями, что способствует более точному отклику системы образования на потребности регионального развития.

**Цель работы** – рассмотреть текущее состояние, взаимодействие и особенности системы управления высшим образованием в Российской Федерации, а также обозначить пути повышения ее эффективности.

### **Основной материал исследования**

Основными целями высшего образования в Российской Федерации являются его доступность, эффективность и качество, соответствующее динамике инновационных процессов, однако нельзя оставить без внимания то, что одной из стратегических задач развития образования в Российской Федерации является повышение эффективности управления в системе образования на всех уровнях власти, начиная от школьного, в соответствии со структурной схемой, созданной по [1] (рисунок 1).



Рисунок 1 – Уровни общего и профессионального образования в России [1]

Основы регулирования и принципы государственной политики в области образования, в том числе высшего профессионального, сформулированы в Конституции РФ и ряде законодательных и нормативных документов [1–6].

В РФ принято региональное государственное управление, осуществляемое органами государственной власти субъектов РФ в административно-территориальных границах всеми подведомственными отраслями и сферами, входящими в их компетенцию, и в соответствии с разграничением предметов ведения и полномочий на основе федеративных отношений [7]. Главной целью регионального управления является повышение степени удовлетворения социально-экономических потребностей населения, проживающего на его территории [8]. По мере приобретения регионами реальной самостоятельности формируется и усиливается новая региональная сфера интересов и ответственности.

Региональная система управления образованием ориентирована на развитие местных особенностей и образовательные запросы населения территории. Управление региональной системой образования позволяет найти новые источники и ресурсы для развития этой жизненно

важной сферы; определить перспективные пути повышения эффективности научно-технического, социально-экономического и духовного развития региона, реализации многообразных образовательных потребностей личности в условиях непрерывного образования «через всю жизнь» (концепция «long life learning»), как важнейшей образовательной стратегии [9].

Это хорошо прослеживается на примере Краснодарского края (рисунок 2).

В Российской Федерации функции управления высшим образованием отнесены к компетенции федерального центра. Федеральный уровень управления высшим профессиональным образованием в России представляют Министерство образования и науки Российской Федерации (центральный орган управления образованием) и находящиеся в его ведении государственные органы исполнительной власти в сфере образования: Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки (Рособрнадзор), призванная осуществлять контрольные и надзорные полномочия, а также Федеральная служба по интеллектуальной собственности. Региональный уровень управления (под регионом здесь и далее понимается субъект Российской Федерации) образованием представлен управлениями (министерствами, комитетами и т. д.). Основное их отличие от федеральных органов состоит в том, что они, по большей части, не имеют подведомственных образовательных учреждений высшего профессионального образования или имеют их в небольшом количестве, осуществляя, таким образом, преимущественно функциональное управление системой образования в пределах региона. Подавляющее большинство организаций высшего профессионального образования, расположенных на территории субъектов Российской Федерации, является вузами федерального подчинения. Как отмечают многие исследователи, при сохранении единого национального образовательного пространства фактор регионализации имеет принципиальное значение для общей эффективности образования высших ступеней, повышения доступности качественного высшего образования для потребителей. В этой связи следует рассмотреть возможность усиления роли региональных органов государственной власти, структур государственно-общественного управления, заинтересованных корпораций и союзов работодателей в управлении образовательной деятельностью на территории соответствующих регионов.

В России в последние годы делались попытки поддержки процессов регионализации высшего образования, что получило закрепление в нормативных документах Министерства образования и науки РФ. В частности, рассматривается «наделение регионов правом и обязанностью выбора собственной образовательной стратегии, создания собственной программы развития образования в соответствии с региональными социально-экономическими, географическими, культурно-демографическими и другими условиями» [10]. Однако до настоящего времени повышение роли региональных органов управления высшей школой происходит скорее медленно и перечень инструментов воздействия на региональные вузы федерального подчинения остается ограниченным. При этом образовательное пространство России характеризуется высокой степенью неоднородности, территориальной дифференциацией, ярко выраженной поляризацией и дискретностью. В России накоплен определенный опыт сотрудничества высших учебных заведений, региональных советов ректоров вузов и субъектов Российской Федерации, вплоть до заключения соглашений и принятия соответствующих законов и постановлений исполнительной власти о поддержке высших учебных заведений, социальной помощи их студентам и преподавателям.

Однако на федеральном уровне нет даже рамочных регламентов участия субъектов Российской Федерации в управлении высшими учебными заведениями, что, с одной стороны, позволяет вузам при желании уходить от претензий региональных властей (например, по структуре и качеству подготовки специалистов), а с другой – региональным властям – самоустраняться от решения проблем региональной образовательной системы, участия в ее развитии.

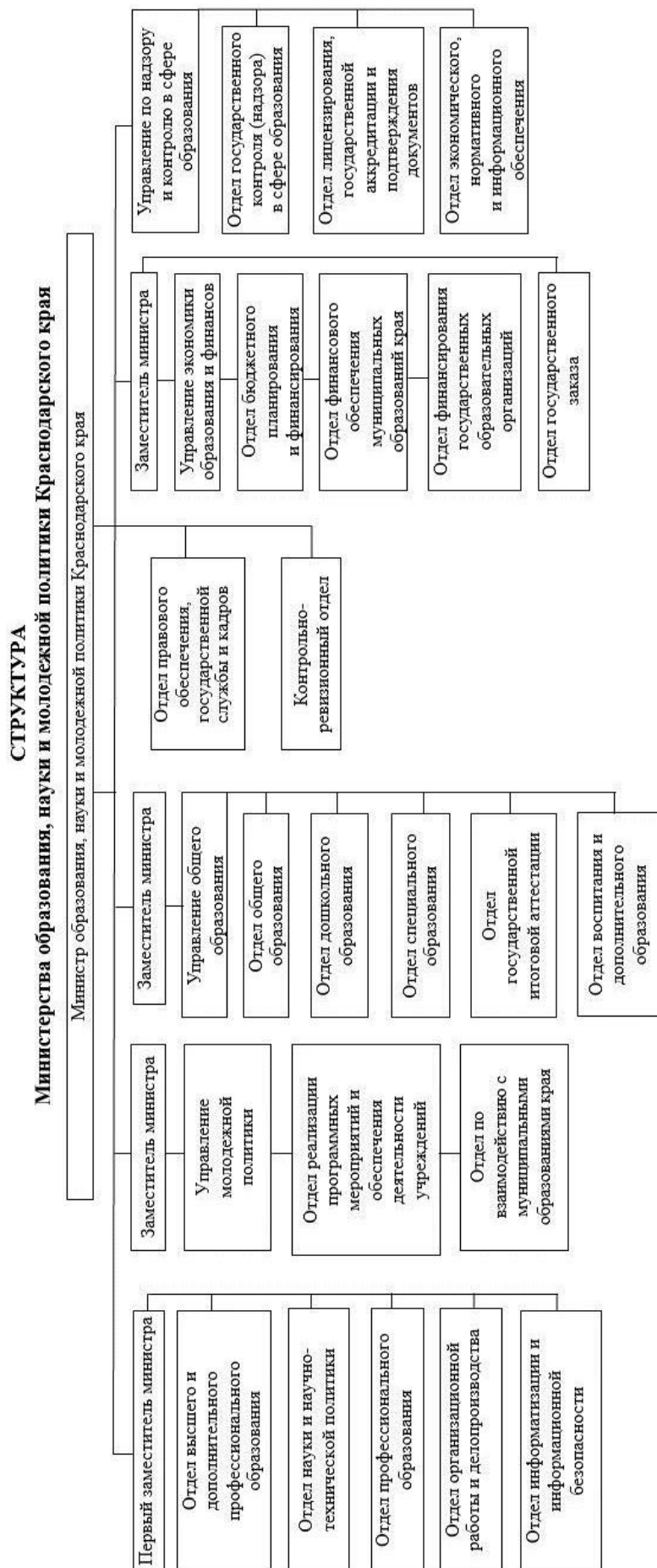


Рисунок 2 – Структура Министерства образования, науки и молодежной политики Краснодарского края [10]

Все это не позволяет в должной мере использовать потенциал регионов в развитии высших учебных заведений, что в конечном итоге становится серьезным препятствием на пути инновационного развития субъектов РФ, становления региональной экономики нового типа. Незаработанность механизмов интеграции функционирования различных субъектов образовательной системы региона в условиях ограниченности инструментов взаимодействия ставит вопрос о внедрении новых организационных подходов. Одним из вариантов развития отношений региональных органов управления высшим профессиональным образованием и вузов региона становится в этой ситуации применение инструментов координационного управления. Основным содержанием координационного управления органов государственной исполнительной власти является координация деятельности различных субъектов, участвующих прямо или косвенно в реализации государственной политики в той или иной сфере.

Взаимоотношения управления, возникающие между вузом – координатором по какому-либо направлению и органом исполнительной власти в сфере высшего профессионального образования региона, формируются в результате заключения между ними соглашения, в котором закрепляются их права и обязанности по отношению друг к другу, а также способ вознаграждения для вуза. Взаимоотношения же вуза-координатора с вузами региона построены по схеме добровольного партнерства, основанного на общности интересов. Наиболее близкими к данному типу взаимоотношений являются сетевые структуры, особенно такие их виды, как сети знаний (*network of the knowleges*) и проектные сети (*project networks*) [11]. Партнерство в данном объединении ориентировано на решение проблем, входящих в область общих интересов вузов-партнеров. При этом один из партнеров обладает определенным положительным, а в некоторых случаях, уникальным опытом в решении данного круга проблем. Этот опыт представляет для многих вузов региона значительную ценность с точки зрения совершенствования собственной работы на рынке образовательных услуг.

Определение приоритетов деятельности системы образования на данный период осуществляется с учетом синхронизации достижения национальных целей с мероприятиями и результатами, включенными в проект Единого плана по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2026 года и на плановый период до 2030 года (далее – Единый план), принятого за основу по итогам заседания совместного заседания Государственного Совета Российской Федерации и Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 23 декабря 2020 г., в целях осуществления прорывного научно-технологического и социально-экономического развития, которое будет обеспечиваться в рамках национального проекта «Образование», вновь разработанного национального проекта «Наука и университеты», в том числе через реализацию государственной программы Российской Федерации «Развитие образования», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 26.12.2017 г. № 1642 (далее – ГПРО), и государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 29.03.2019 г. № 377 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 31.03.2021 г. № 518).

В 2025 году на реализацию мероприятий ГПРО Федеральным законом от 30.11.2024 г. № 419-ФЗ «О федеральном бюджете на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов» (далее – Федеральный закон № 419-ФЗ, федеральный бюджет) предусмотрено 383,8 млрд руб., в том числе 291,3 млрд руб. – Минпросвещения России, участникам ГПРО – 92,5 млрд руб. (рисунок 3).

В 2020 году в целях реализации Послания Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации ГПРО дополнена приложениями, содержащими правила предоставления и распределения межбюджетных трансфертов бюджетам субъектов Российской Федерации в целях софинансирования расходных обязательств субъектов Российской Федерации.

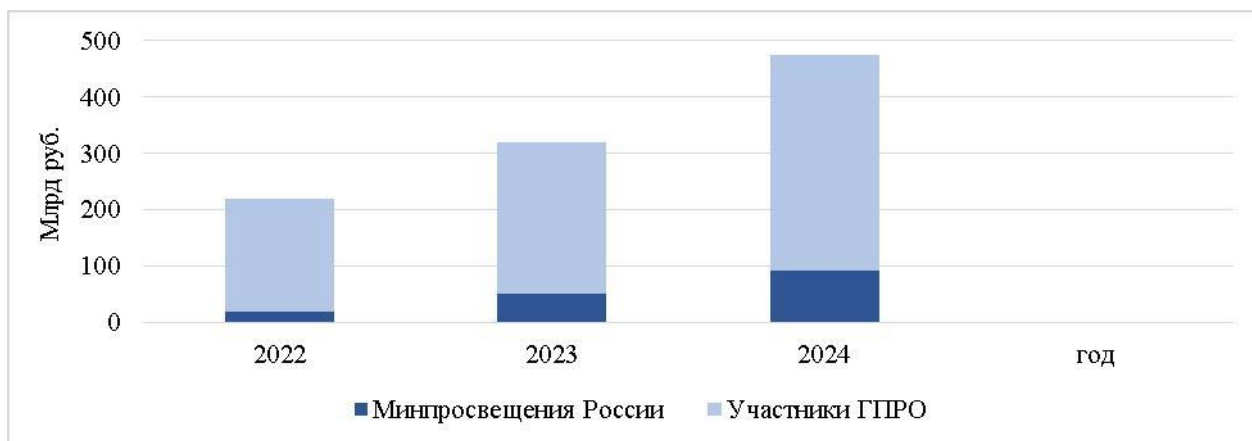


Рисунок 3 – Объем финансирования мероприятий ГПРО, млрд руб.

В сфере общего образования прогнозируется увеличение численности обучающихся, осваивающих образовательные программы начального общего, основного общего, среднего общего образования, которое связано с прогнозируемым увеличением численности возрастной когорты 7–17 лет, но со снижением темпа прироста: от 428 тыс. чел. в 2021/22 учебном году до 217 тыс. чел. в 2025/26 учебном году (рисунки 4, 5).

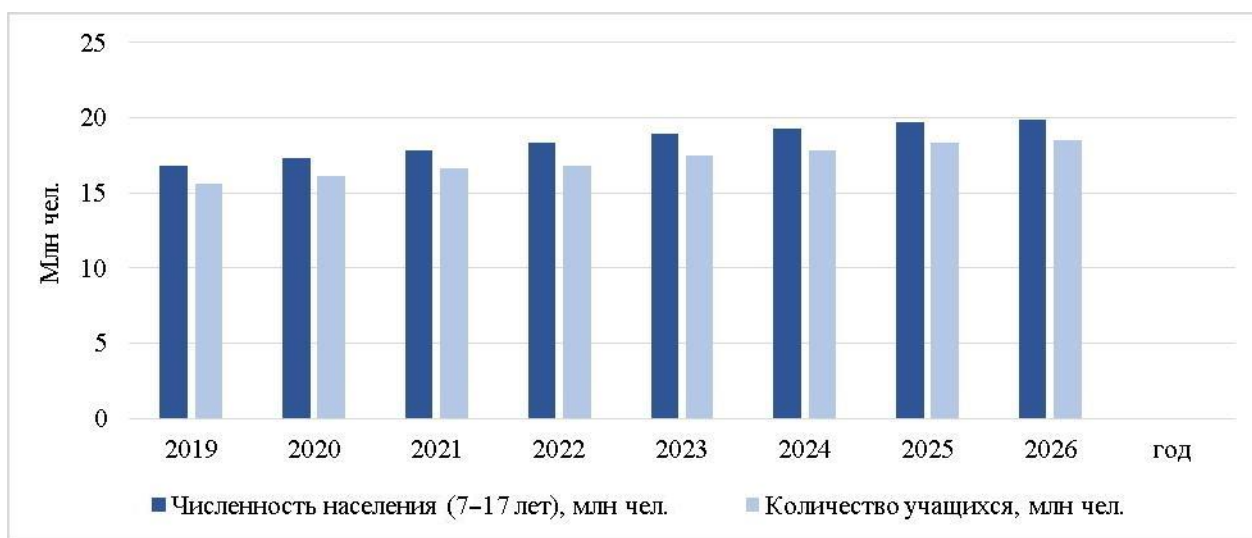


Рисунок 4 – Прогноз численности обучающихся по программам общего образования на период до 2026 года

Данное соотношение было стабильным в предшествующие годы, что предполагало сохранение его на данном уровне в прогнозном периоде.

Прогнозируемая численность педагогических работников рассчитана, исходя из ожидаемой численности обучающихся с учетом незначительного роста на прогнозном периоде величины соотношения численности обучающихся к численности педагогических работников до 13,6 к 2026 году (рисунок 6).

Численность обучающихся, осваивающих образовательные программы среднего профессионального образования, прогнозируется с ростом на 13 % в период 2022–2026 годов: с 3 336 тыс. чел. в 2022 году до 3 775 тыс. чел. в 2026 году (рисунок 7), что связано с увеличением численности возрастной когорты 15–20 лет, составляющей основной контингент обучающихся по программам среднего профессионального образования, и востребованностью специалистов в реальных секторах экономики.

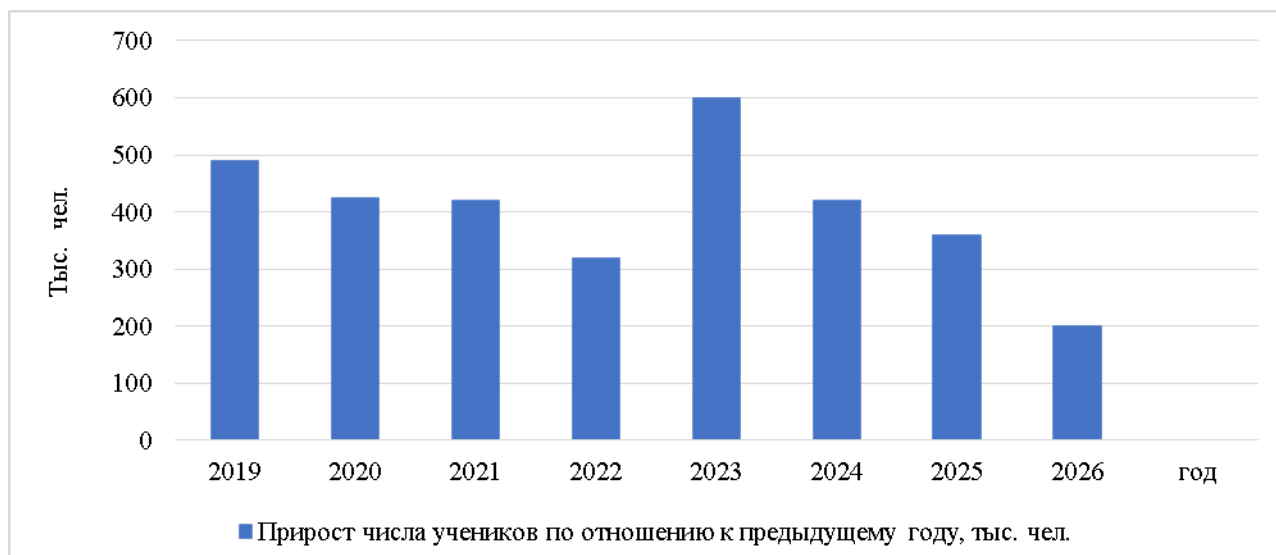


Рисунок 5 – Прирост численности обучающихся по годам в период до 2026 года

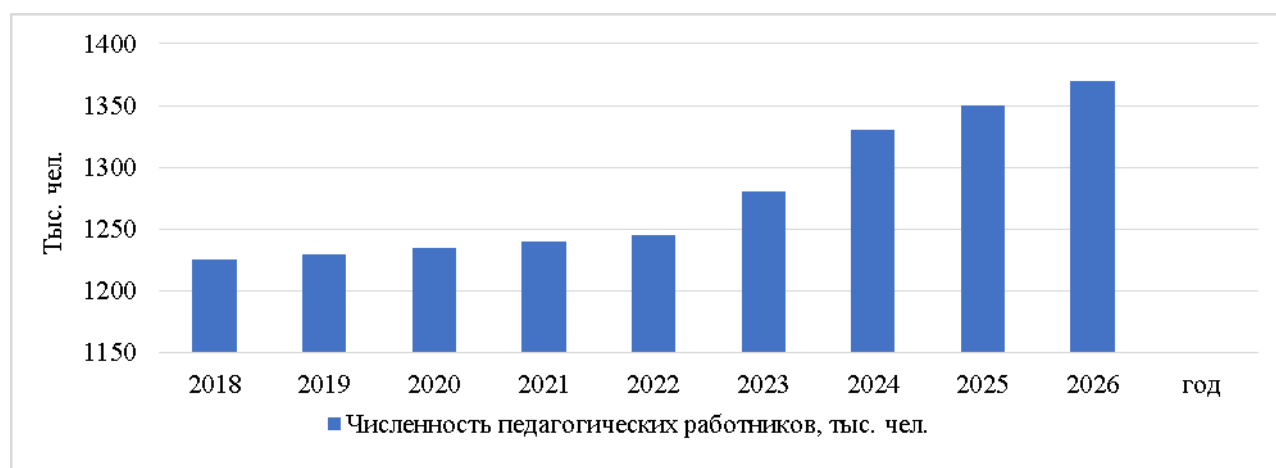


Рисунок 6 – Прогноз среднесписочной численности педагогических работников в сфере общего образования на период до 2026 года

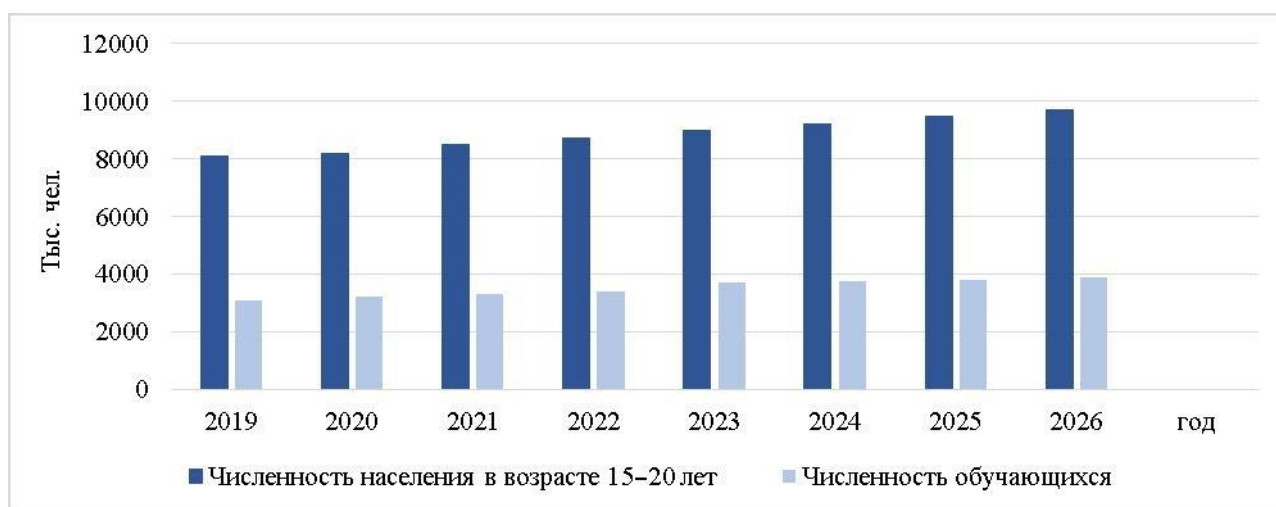


Рисунок 7 – Прогноз численности обучающихся по образовательным программам среднего профессионального образования на период до 2026 года

Прогноз численности преподавателей и мастеров производственного обучения организаций среднего профессионального образования произведен по численности обучающихся методом сохранения отношения численности обучающихся к численности преподавателей и мастеров производственного обучения, достигнутого в 2024 году, с учетом его малой изменчивости в предшествующих годах (рисунок 8).

Увеличение численности рассматриваемой категории работников будет составлять 4–5 тыс. чел. ежегодно.



Рисунок 8 – Прогноз численности преподавателей и мастеров производственного обучения на период до 2026 года (на начало учебного года)

Прогнозная численность обучающихся, осваивающих образовательные программы высшего образования, рассчитана с учетом изменения численности выпуска общеобразовательных школ, выпуска образовательных учреждений среднего профессионального образования и контрольных цифр приема (КЦП) (рисунок 9).



Рисунок 9 – Прогноз численности студентов, обучающихся по образовательным программам высшего образования на период до 2026 года

КЦП распределяются по результатам публичного конкурса согласно части 3 статьи 100 Закона об образовании.

Объем и структура КЦП формируются с учетом потребности в квалифицированных кадрах на основе предложений, полученных от субъектов Российской Федерации и центров ответственности, в качестве которых выступают федеральные органы исполнительной власти, работодатели и Минобрнауки России (постановление Правительства Российской Федерации от 13 марта 2019 г. № 261).

Начиная с 2021 года формирование КЦП осуществляется с учетом необходимости обеспечения 50 % выпускников школ бюджетными местами по очной форме обучения. На 2021/22 учебный год количество бюджетных мест по программам бакалавриата и специалитета (очная форма обучения) было увеличено на 33,7 тыс. мест.

С 2022 по 2026 год, исходя из демографической ситуации, планируется поддержание объема КЦП на уровне 2021 года.

Расчет прогнозной численности профессорско-преподавательского состава (ППС) произведен по численности обучающихся, приходящихся на одного работника, занимающего должность ППС (рисунок 10).

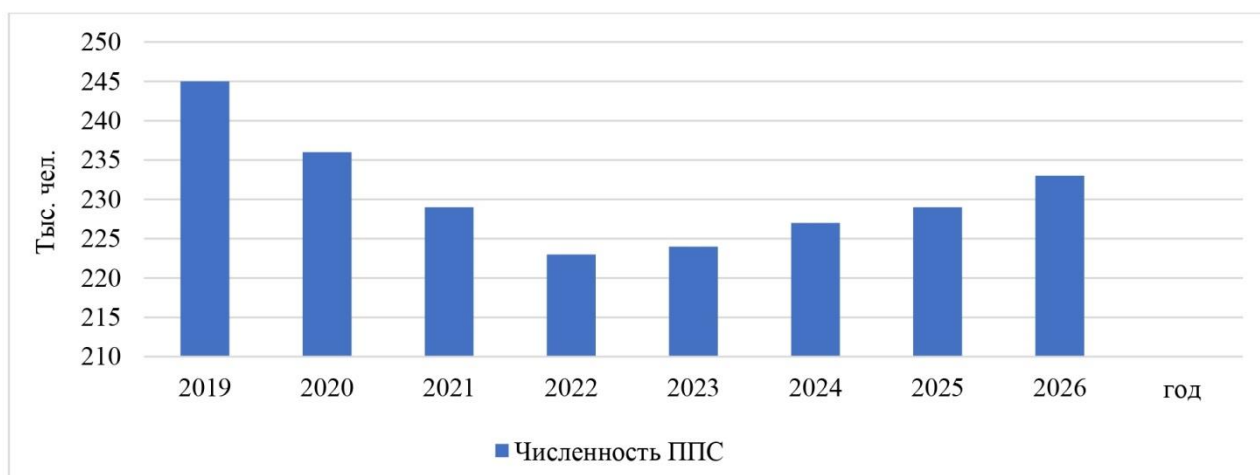


Рисунок 10 – Прогноз численности профессорско-преподавательского состава

На прогнозный период данное значение было зафиксировано на уровне 2024 года – 18,15 студентов, приходящихся на одного работника, занимающего должность ППС.

Численность профессорско-преподавательского состава вслед за динамикой роста численности обучающихся прогнозируется с ежегодным ростом на 2,4 тыс. чел., начиная с 2021 года.

### **Выводы**

Изменения численности обучающихся и педагогических работников в сфере образования в наибольшей степени обусловлены изменениями в демографии населения. Демографическая волна предопределяет изменение численности обучающихся по различным уровням образования, прежде всего в сфере общего образования.

Вслед за трендами изменения численности обучающихся по уровням образования численность педагогических работников в прогнозном периоде до 2026 г. также будет подвержена изменениям.

Пик потребности в педагогических кадрах приходился на сферу общего образования, где потенциальная потребность в кадрах в 2021 году превысила 45 тыс. педагогических работников. В последующие годы потребность будет сохраняться с тенденцией на снижение.

Таким образом, для повышения общей эффективности системы образования России необходимо усилить роль региональных органов управления, разработать более гибкие и адаптивные механизмы взаимодействия между участниками образовательного процесса, а также активно внедрять инновационные подходы к управлению, включая сетевое и координационное управление. Только в этом случае можно будет обеспечить не только качественное и доступное образование, но и его полную ориентацию на потребности регионального и национального развития.

*Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.*

### Список литературы

1. Российская Федерация. Законы. Об образовании в Российской Федерации : № 273-ФЗ : принят Государственной Думой 21 декабря 2012 года : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2012 года : последняя редакция. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : [сайт]. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/) (дата обращения: 14.07.2025). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Российская Федерация. Законы. Конституция Российской Федерации : принята 12 декабря 1993 г. (с поправками от 30 декабря 2008 г., 5 февраля, 21 июля 2014 г., 14 марта 2020 г.). – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 46 с. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/104769.html> (дата обращения: 14.07.2025). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс Российской Федерации : № 197-ФЗ : принят Государственной Думой 21 декабря 2001 года : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года : редакция от 7 апреля 2025 г. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : [сайт]. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/) (дата обращения: 15.07.2025). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
4. Гражданский кодекс Российской Федерации в 4 ч. : часть первая от 30 ноября 1994 г. № 51-ФЗ : принята Государственной Думой от 21.10.1994; часть вторая от 26 января 1996 г. № 14-ФЗ : принята Государственной Думой 22.12.1995; часть третья от 26 ноября 2001 г. № 146-ФЗ : принята Государственной Думой 01.11.2001; часть четвертая от 18 декабря 2006 г. № 230-ФЗ : принята Государственной Думой 24.11.2006 г. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : [сайт]. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5142/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5142/) (дата обращения: 16.07.2025). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
5. Донецкая Народная Республика. Закон. Об образовании в Донецкой Народной Республике : принят Постановлением Народного Совета 5 октября 2023 года : с изменениями, внесенными Законом от 30.11.2023 № 29-РЗ. – Текст : электронный // Официальный сайт Народного Совета Донецкой Народной Республики. – URL: <https://dnrsovet.gov.ru/zakonodatelnaya-deyatelnost/prinyaty/zakony/zakon-donetskoj-narodnoj-respubliki-ob-obrazovanii-v-donetskoj-narodnoj-respublike/> (дата обращения: 16.07.2025). – Текст. Изображения : электронные.
6. Министерство образования Донецкой Народной Республики : официальный сайт. – Донецк. – URL: <http://mondnr.ru> (дата обращения: 17.07.2025). – Текст. Изображения : электронные.
7. Райзберг, Б. А. Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – 6-е изд. – Москва : ИНФРА-М, 2024. – 512 с. – ISBN 978-5-16-009966-8.
8. Уткин, Э. А. Государственное и региональное управление / Э. А. Уткин, А. Ф. Денисов // Москва : ЭКМОС, 2002. – 320 с. – ISBN 5-94687-020-3.
9. Казанская, А. Ю. Комплексный подход к оценке социально-экономического состояния муниципальных образований / А. Ю. Казанская, В. С. Компаниец. – 2-е изд. – Саратов : Вузовское образование, 2019. – 225 с. – ISBN 978-5-4487-0390-4. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/79637.html> (дата обращения: 17.07.2025). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
10. Катровский, А. П. Регионализация высшего образования в стратегии регионального развития / А. П. Катровский. – Текст : электронный // Региональный центр дистанционного образования : [сайт]. – URL: <https://rcde.ru/method-989.html> (дата обращения: 18.07.2025). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
11. Кабаков, В. С. Управление развитием региональных комплексов высшего профессионального образования : монография / В. С. Кабаков, В. Б. Фраймович, П. Д. Шимко ; Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет. – Санкт-Петербург : СПбГИЭУ, 2008. – 143. – ISBN 978-5-88996-808-5.

### References

1. Russian Federation. Laws. On education in the Russian Federation : No. 273-FZ : adopted by the State Duma on December 21, 2012 : approved by the Federation Council on December 26, 2012 : latest revision. ConsultantPlus : [website]. (In Russ.) URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/)
2. Russian Federation. Laws. Constitution of the Russian Federation : adopted on December 12, 1993 (as amended on December 30, 2008, February 5, July 21, 2014, March 14, 2020). Moscow : IPR Media, 2021. 46 p. Digital educational resource IPR SMART : [website]. (In Russ.) URL: <https://www.iprbookshop.ru/104769.html>
3. Russian Federation. Laws. Labour Code of the Russian Federation : No. 197-FZ : adopted by the State Duma on December 21, 2001 : approved by the Federation Council on December 26, 2001 : version of April 7, 2025. ConsultantPlus : [website]. (In Russ.) URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/)
4. The Civil Code of the Russian Federation in 4 parts : part one of November 30, 1994 No. 51-FZ : adopted by the State Duma on October 21, 1994; part two of January 26, 1996 No. 14-FZ : adopted by the State Duma on December 22, 1995; part three of November 26, 2001 No. 146-FZ : adopted by the State Duma on November 1, 2001; part four of December 18, 2006 No. 230-FZ : adopted by the State Duma on November 24, 2006. ConsultantPlus : [website]. (In Russ.) URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5142/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5142/)

5. Donetsk People's Republic. Law. On Education in the Donetsk People's Republic : adopted by the Resolution of the People's Council on October 5, 2023 : as amended by Law No. 29-RZ of November 30, 2023. Official website of the People's Council of the Donetsk People's Republic. (In Russ.) URL: <https://dnrsovet.gov.ru/zakonodatelnaya-deyatelnost/prinyaty/zakony/zakon-donetskoj-narodnoj-respubliki-ob-obrazovanii-v-donetskoj-narodnoj-respublike/>
6. Ministry of Education of the Donetsk People's Republic : official website. Donetsk. (In Russ.) URL: <http://mondnr.ru>
7. Raizberg B. A. Modern Economic Dictionary. B. A. Raizberg, L. Sh. Lozovsky, E. B. Starodubtseva. 6th ed. Moscow : INFRA-M, 2024. 512 p. ISBN 978-5-16-009966-8. (In Russ.)
8. Utkin E. A. State and Regional Management. E. A. Utkin, A. F. Denisov. Moscow : EKMOS, 2002. 320 p. ISBN 5-94687-020-3. (In Russ.)
9. Kazanskaya A. Yu. An Integrated Approach to Assessing the Socio-Economic State of Municipalities. A. Yu. Kazanskaya, V. S. Kompaniets. 2nd ed. Saratov : University Education, 2019. 225 p. ISBN 978-5-4487-0390-4. Digital educational resource IPR SMART : [website]. (In Russ.) URL: <https://www.iprbookshop.ru/79637.html>
10. Katrovskii A. P. Regionalization of Higher Education in the Strategy of Regional Development. Regional Center for Distance Education : [website]. (In Russ.) URL: <https://rcde.ru/method-989.html>
11. Kabakov V. S. Management of Development of Regional Complexes of Higher Professional Education : monograph. V. S. Kabakov, V. B. Fraimovich, P. D. Shimko ; Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi inzhenerno-ehkonomicheskii universitet [Saint Petersburg State University of Engineering and Economics]. Saint Petersburg: SPbSEEU, 2008. 143 p. ISBN 978-5-88996-808-5. (In Russ.)

*Статья поступила 21.07.2025*

© *Е. П. Мельникова, С. В. Борщевский, Е. А. Шумаева, В. И. Зарубин, 2025*  
*Рецензент: Н. А. Селезнева, канд. экон. наук, доц.,*  
*Автомобильно-дорожный институт*  
*(филиал) ДонНТУ в г. Горловка*

***Е. П. Мельникова, С. В. Борщевский, Е. А. Шумаева, В. И. Зарубин***  
**Взаимодействие органов власти и высших учебных заведений в России**

В статье представлены результаты анализа системы управления высшим образованием в Российской Федерации. Несмотря на наличие законодательной базы и государственных программ, направленных на повышение качества и доступности образования, в практике управления все еще остаются значительные пробелы и противоречия. Особенно это проявляется на уровне взаимодействия между федеральными и региональными органами власти, где отсутствует четко прописанная система участия субъектов РФ в управлении вузами федерального подчинения. Это снижает вовлеченность регионов в развитие образовательной инфраструктуры и ограничивает возможности для адаптации обучения к местным социально-экономическим потребностям.

Регионализация образования, несмотря на ее принципиальную важность, развивается медленно, а инструменты ее реализации остаются недостаточно разработанными. В этой связи становится очевидной необходимость внедрения новых организационных форм управления, таких как координационное управление и сетевые структуры, которые позволяют более эффективно использовать потенциал региональных вузов и укреплять их связи с работодателями, местными органами власти и общественными организациями.

Финансирование образовательных программ, включая государственную программу «Развитие образования», демонстрирует значительные ресурсы, выделяемые на развитие системы, однако их эффективное распределение и использование требует более тесной координации между уровнями управления. Прогнозы роста численности обучающихся и педагогических работников в сфере общего и среднего профессионального образования также подчеркивают важность своевременного планирования и адаптации образовательных программ к реальным потребностям рынка труда.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА, СФЕРА ОБРАЗОВАНИЯ, ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ, ОБУЧАЮЩИЕСЯ, РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОРГАНЫ ВЛАСТИ, ФИНАНСОВЫЙ АСПЕКТ**

***E. P. Melnikova, S. V. Borshchevskii, E. A. Shumaeva, V. I. Zarubin***  
**Cooperation between Government Bodies and Higher Education Institutions in Russia**

This article presents the analysis results of the higher education governance system in the Russian Federation. There are still significant gaps and contradictions in management practice, despite the existence of the legislative framework and state programs aimed at improving the quality and accessibility of education. This is particularly evident

at the level of interaction between federal and regional authorities, where there is no clearly defined system for the participation of Russian regions in the governance of federal universities. This reduces regional involvement in the development of educational infrastructure and limits opportunities for adapting education to local socioeconomic needs.

Regionalization of education, despite its fundamental importance, is developing slowly, and the tools for its implementation remain insufficiently developed. In this regard, the need to introduce new organizational forms of management, such as coordinating management and network structures, which allow for more effective use of the potential of regional universities and strengthening their ties with employers, local authorities and public organizations, becomes obvious.

Funding of educational programs, including the state program "Education Development", demonstrates significant resources allocated to the development of the system; however, their effective distribution and use requires closer coordination between levels of government. Forecasts for growth in the number of students and teaching staff in the field of general and secondary vocational education also highlight the importance of timely planning and adapting educational programs to the real needs of the labour market.

STATE POLICY, EDUCATION, INTERACTION, HIGHER EDUCATION, STUDENTS, REGIONAL AUTHORITIES, FINANCIAL ASPECT

#### Сведения об авторах:

##### **Мельникова Елена Павловна**

Доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Менеджмент организаций» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,  
SPIN-код РИНЦ: 6737-6600  
Телефон: +7 949 408-89-09  
Эл. почта: melnikova\_adi@mail.ru

##### **Борщевский Сергей Васильевич**

Доктор технических наук, профессор,  
проректор ДонНТУ, заведующий кафедрой «Строительство зданий, подземных сооружений и геомеханика», директор ИГГ Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР, Российская Федерация,  
SPIN-код РИНЦ: 2938-6289  
Телефон: +7 949 334-89-31  
Эл. почта: borshevskiy@mail.ru

##### **Шумаева Елена Александровна**

Кандидат наук по государственному управлению, доцент,  
директор Института последипломного образования, доцент кафедры «Менеджмента и хозяйственного права» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР, Российская Федерация,  
SPIN-код РИНЦ: 7851-3190  
Телефон: +7 949 312-39-99  
Эл. почта: ea.shumaeva1@yandex.ru

##### **Зарубин Владимир Иванович**

Доктор экономических наук, профессор,  
профессор кафедры «Менеджмента и региональной экономики» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Майкопский государственный технологический университет», г. Майкоп, Российская Федерация,  
SPIN-код РИНЦ: 8700-1500  
Телефон: +7 988 476-08-48  
Эл. почта: zarubin.vi18@yandex.ru

**Authors' information:****Melnikova Elena Pavlovna**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Head of the Chair "Management of Organizations" of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 6737-6600  
Phone: +7 949 408-89-09  
Email: melnikova\_adi@mail.ru

**Borshchevskii Sergei Vasilievich**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Vice-Rector of Donetsk National Technical University, Head of the Chair "Construction of Buildings, Underground Structures and Geomechanics", Director of the Institute of Geotechnical Geophysics of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University", Donetsk, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 2938-6289  
Phone: +7 949 334-89-31  
Email: borshevskiy@mail.ru

**Shumaeva Elena Aleksandrovna**

Candidate of Sciences in Public Administration, Docent,  
Director of the Institute of Postgraduate Education, Associate Professor of the Chair "Management and Business Law" of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University", Donetsk, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 7851-3190  
Phone: +7 949 312-39-99  
Email: ea.shumaeva1@yandex.ru

**Zarubin Vladimir Ivanovich**

Doctor of Economic Sciences, Professor,  
Professor of the Chair "Management and Regional Economics" of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Maikop State Technological University", Maikop, Russian Federation,

RSCI SPIN: 8700-1500  
Phone: +7 988 476-08-48  
Email: zarubin.vi18@yandex.ru

М. А. Шипович

## РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РОЛИ НАУЧНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ В ВОССТАНОВЛЕНИИ ЭКОНОМИКИ ДОНБАССА В ПЕРИОД ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

*После освобождения ряда районов РСФСР, УССР и БССР от немецко-фашистских войск в 1943 г. остро встала проблема восстановления народнохозяйственного потенциала, который в годы оккупации был почти полностью утрачен. В статье проведен анализ научных достижений по восстановлению экономики Донбасса в период Великой Отечественной войны. Представлен вклад представителей отечественной науки в выполнение государственного плана восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1943, 1944 гг. в Донбассе.*

*Ключевые слова:* экономика, план, народное хозяйство, ущерб, промышленность, восстановление, наука, Великая Отечественная война

**Для цитирования:** Шипович, М. А. Ретроспективный анализ роли научных достижений в восстановлении экономики Донбасса в период Великой Отечественной войны / М. А. Шипович // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2025. – № 4(55). – С. 86–96. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19045912>.

### **Введение**

Великая Отечественная война нанесла колоссальный ущерб экономике СССР, особенно ключевым промышленным регионам, в том числе экономике Донбасса. Несмотря на тяжелейшие условия военного времени, уже в 1943–1944 гг. начался процесс восстановления и развития разрушенных территорий. Важнейшую роль в этом процессе сыграл вклад отечественной науки, представители которой, несмотря на все трудности, активно участвовали в решении текущих задач по восстановлению промышленности Донбасса.

Осмысление тяжелого и героического этапа восстановления и развития промышленного потенциала Донбасса после его освобождения в годы Великой Отечественной войны (1943–1945 гг.), анализ и оценка его результатов позволяют определить стратегические приоритеты развития промышленного потенциала региона на современном этапе в условиях проведения специальной военной операции.

Вопросы, связанные с изучением роли науки в восстановлении промышленности Донбасса в годы Великой Отечественной войны (1943–1945 гг.), нашли свое отражение как в фундаментальных многотомных трудах [1], посвященных истории Украинской ССР, в состав которой входил в годы Великой Отечественной войны Донбасс, так и в монографиях, посвященных проблемам использования научного потенциала страны для победы над фашизмом [2]. Также обширным является пласт литературы, посвященной восстановлению и развитию отдельных отраслей тяжелой промышленности Донбасса в годы Великой Отечественной войны, как например, «История технического развития угольной промышленности Донбасса» А. П. Щербань, В. Д. Алексеенко, С. В. Шухардина [3]. Однако комплексное исследование, в котором бы рассматривалась роль науки в восстановлении всего промышленного потенциала Донбасса в 1943–1945 гг. отсутствует.

**Цель исследования** – ретроспективный анализ роли научных достижений в восстановлении экономики Донбасса в период Великой Отечественной войны (1943–1944 гг.).

### *Ход исследования*

К 14 сентября 1943 г. в результате Донбасской наступательной операции Донбасс был полностью освобожден от оккупантов. Стране был возвращен важный промышленный и угольно-металлургический район.

Перед отступлением из Донбасса немцы стремились оставить после себя «выжженную землю». Быстрое наступление Красной Армии во многом помешало осуществить этот гитлеровский план. Но все же Донбасс после освобождения представлял собой страшную картину разрушения.

Гитлеровцы истребили 468 тыс. и угнали в рабство 350 тыс. советских граждан. Оккупанты нанесли экономике Донецкого региона колоссальный ущерб, исчисляемый около 50 млрд руб. В Донбассе были выведены из строя все крупные электростанции, все 882 шахты были разрушены и затоплены. Полностью были разрушены металлургические, машиностроительные, химические, коксохимические и другие заводы – крупные промышленные гиганты периода довоенных пятилеток [4].

Восстановление требовало не только мобилизации трудовых ресурсов и материальных средств, но и глубоких научных знаний для решения комплекса технических, технологических и организационных проблем.

Основная особенность восстановления Донбасса заключалась в том, что оно началось сразу после освобождения региона, еще во время Великой Отечественной войны. Ключевым стратегическим документом стало постановление Совнаркома СССР и ЦК ВКП (б) от 21 августа 1943 г. «О неотложных мерах по восстановлению хозяйства в районах, освобожденных от немецкой оккупации». Продолжающаяся война с фашистской Германией диктовала первостепенное внимание к восстановлению тяжелой промышленности. В связи с этим Государственный комитет обороны разработал шесть постановлений по восстановлению тяжелой промышленности и шахт Донбасса в 1942–1945 гг. [3, с. 10].

В 1943 г. Госплан СССР во главе с академиком Н. А. Вознесенским, который с 1943 года был утвержден членом Комитета по восстановлению хозяйства в районах, освобожденных от немецко-фашистских оккупантов при Совете народных комиссаров СССР, приступил к формированию плана и к координации действий по восстановлению народного хозяйства в освобожденных районах страны. Работники Госплана выезжали на места в целях определения нанесенного ущерба и составления перечня первоочередных восстановительных работ [5].

Государственный план восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1944 г. ставил следующие основные задачи: увеличить валовую продукцию промышленности СССР до 145 млрд руб., или на 17 % по сравнению с 1943 г.; обеспечить дальнейший рост военной промышленности, увеличив в 1944 г. валовую продукцию наркоматов танковой, авиационной промышленности, боеприпасов и вооружения до 56,2 млрд руб., или на 16 % по сравнению с 1943 г.; довести добычу угля до 124,8 млн т, выплавку стали – до 12,8 млн т и алюминия – до 95 тыс. т; довести добычу нефти до 20,16 млн т; установить среднесуточную погрузку всех грузов по железным дорогам в размере 54 тыс. вагонов; установить объем капитальных работ по народному хозяйству в размере 27,3 млрд руб., в том числе по областям РСФСР, УССР и БССР, освобожденным от немецкой оккупации – 7,8 млрд руб.; форсировать строительство новых мощностей электростанций, металлургического и топливного комплексов, особенно в Донбассе [6].

К концу 1944 г. в Донбассе намечалось сдать в эксплуатацию 132 основные шахты и построить 50 новых средних шахт.

Деятельность советских ученых, направленная на выполнение государственного плана восстановления и развития народного хозяйства СССР в Донбассе в 1943–1944 гг. осуществлялась по нескольким ключевым направлениям: восстановление угледобывающих, металлургических, машиностроительных, химических, энергетических предприятий и транспортной инфраструктуры.

Научной разработкой возрождения угольной промышленности Донбасса руководили академики А. А. Скочинский, А. М. Терпигорев, Л. Д. Шевяков, восстановлением металлургической, машиностроительной и других отраслей промышленности – академики С. Г. Струмилин, И. П. Бардин, транспорта – академик В. Н. Образцов.

Ученые Академии наук УССР (АН УССР), которая в марте 1944 г. возвратилась на Украину из эвакуации, совместно с учеными Академии наук СССР (АН СССР) разрабатывали программы технического восстановления всех отраслей промышленности Донбасса. Исключительную роль в быстром возрождении металлургической, машиностроительной, электротехнической и других отраслей промышленности Донбасса, как и других освобожденных от оккупантов районов, сыграл коллектив Института электросварки АН УССР, возглавляемый Героем Социалистического Труда академиком АН УССР Евгением Оскаровичем Патонем [7].

### ***1. Восстановление угольной промышленности***

С января 1942 г. научные коллективы, главным образом Институт горного дела АН СССР, начали работы, связанные с восстановлением промышленных объектов угледобывающей отрасли Донбасса. К работам были привлечены научно-исследовательские учреждения Наркомата угольной промышленности СССР и Украинской Академии наук.

Ученые Института горного дела АН СССР под руководством А. А. Скочинского провели научные работы по изысканию наиболее эффективных и экономичных методов быстрой откачки воды и восстановления угольных шахт, восстановления их производственных мощностей, размеров шахтных полей, системы разработки угольных пластов, способов механизации и т. д.

При Наркомате угольной промышленности СССР были созданы: Главное управление по восстановлению Донбасса во главе с наркомом В. В. Вахрушевым и Бюро по составлению генерального плана восстановления шахт Донбасса. В состав Бюро входили ведущие ученые, в том числе академики А. А. Скочинский, Л. Д. Шевяков, член-корреспондент АН СССР А. С. Ильичев, профессора Б. И. Розентреттер, А. О. Спиваковский. Руководил Бюро академик А. М. Терпигорев.

При восстановлении шахт использовались новейшие достижения современной науки и техники. Этому способствовала деятельность при Госплане СССР Института технико-экономической информации, впоследствии преобразованный во Всесоюзный институт научно-технической информации.

Работа ученых легла в основу составления Генерального плана восстановления Донбасса и была использована при реконструкции разрушенных шахт и проектировании нового шахтного строительства.

Когда в сентябре 1943 г. Донбасс был освобожден, туда для решения сложных технических задач были направлены ученые: академик А. М. Терпигорев, сотрудник Института горного дела АН СССР профессор В. И. Геронтьев, группа сотрудников Института горючих ископаемых.

Одним из ведущих направлений развития и совершенствования технологии добычи угля была комплексная механизация производственных процессов. Проблемы этого направления решали Московский горный институт, Днепропетровский горный институт, Донецкий индустриальный институт, Макеевский научно-исследовательский институт и многие другие научные учреждения. Особое внимание уделялось разработке мероприятий, обеспечивающих безопасность работы шахтеров, максимальному использованию автоматизации и замене тяжелого труда шахтеров механизмами и машинами.

В Днепропетровском горном институте профессор Н. С. Поляков создал навалочную машину для лав шахт Донбасса. Профессор В. Б. Уманский усовершенствовал шахтные подъемные механизмы. Профессор К. Н. Шмаргунов создал отбойный молоток, который оказался лучше всех, известных у нас и за границей. Применение врубовых механизмов в

лавах с горизонтальным залеганием и пологим падением пластов позволило значительно увеличить угледобычу и улучшило условия труда.

Новая эра в технологии добычи угля началась с внедрением угольных комбайнов. Они облегчали самые трудоемкие процессы. В 1944–1945 гг. были созданы два комбайна – один для мощных, а другой для тонких угольных пластов. С их помощью можно было комплексно механизировать основные трудоемкие процессы – зарубку, отбойку и навалку угля на конвейер. Применение одного комбайна высвобождало труд 55 шахтеров [2, с. 285–289].

Так, уже в начале 1945 г. Горловский машиностроительный завод выпускал две трети довоенного производства машин и механизмов для угольной отрасли. Было выпущено более 600 врубовых машин, свыше 1 100 насосов и насосных подвесных установок, восстановлено около 60 вентиляторов и изготовлено столько же новых, поставлено шахтам 22 новых металлических шахтных копров и более 25 компрессоров. При этом выпускаемые машины были более совершенные, чем до войны [8].

Труднейшую научно-техническую задачу представляла откачка воды из шахт. К началу восстановительных работ на затопленных участках накопилось около 600 млн куб. м воды, которая к тому же не переставала прибывать. Восстановительные работы подобной сложности и объема никогда ранее не проводились. После Первой мировой войны на северо-востоке Франции на откачку 110 млн т воды с гораздо меньших глубин ушло около 10 лет.

2 августа 1944 г. в Донецком индустриальном институте была создана центральная лаборатория, сотрудники которой занимались данной проблемой. Научным руководителем лаборатории был утвержден заведующий кафедрой горной механики профессор В. С. Пак [9]. Лаборатория решала научно-технические задачи и непосредственно внедряла на шахтах наиболее эффективные методы откачки воды.

В 1944 г. было откачено свыше 368 млн м<sup>3</sup> воды из 145 шахт. Характер и объем работ по откачке воды из затопленных шахт Донбасса беспримечен в мировой практике.

## ***2. Восстановление металлургии и машиностроения***

По мере освобождения советской территории восстановление металлургии и ее сырьевой базы на Юге страны стало делом первостепенной государственной важности. Черная металлургия Юга являлась поставщиком качественного металла для всей промышленности страны.

К решению проблем, связанных с восстановлением южной металлургической базы, были привлечены научные коллективы Академии наук СССР и Академии наук УССР, научно-исследовательские учреждения Народного комиссариата черной металлургии СССР, в том числе Государственный институт проектирования металлургических заводов. Весомым был вклад в восстановление металлургических предприятий ученых Института черной металлургии АН УССР, Украинского научно-исследовательского института черных металлов. Возглавляли эту работу академики И. П. Бардин и С. Г. Струмилин. Ученые подошли к восстановлению металлургии Юга как к комплексной проблеме. В ходе ее проведения постоянно осуществлялись кооперирование исследований и взаимная увязка работ между научными учреждениями, Наркоматом черной металлургии СССР и Госпланом СССР.

Научная реконструкция восстанавливаемой металлургической промышленности Юга включала все важные вопросы подготовки сырья, улучшения доменного и сталеплавильного производства, проката, производства ферросплавов и огнеупорных материалов. Выработанные предложения были переданы в Госплан СССР и Наркомат черной металлургии СССР и являлись научно-технической базой, которая позволила восстановленным предприятиям тяжелой индустрии уже в 1945 г. дать стране 2 122 тыс. т чугуна (или 20 % довоенной продукции), 2 667 тыс. т стали (24 %), 4 277,5 тыс. т железной руды (или 20,1 %) [2, с. 265–266].

Нарком танковой промышленности В. А. Малышев на основании решения Государственного комитета обороны 22 июля 1944 г. составил подробную программу развития

танкостроения на освобожденных территориях Юго-Востока страны. Значимым фактором восстановления полноценной деятельности Юго-Восточной базы танкостроения в 1943–1944 г. стал запуск металлургического завода им. Ильича, который в довоенный период полностью обеспечивал не только выпуск танковой, но и корабельной брони.

В декабре 1943 г. согласно приказу Народного комиссариата тяжелой промышленности № 385с завод им. Ильича приступил к отливке башен танка ИС-2 (нового, более совершенного тяжелого танка, по своим боевым свойствам превосходившего все зарубежные машины аналогичного типа). За 1944 г. завод выпустил 1 107 башен танка ИС-2 (при плане в 1 080 шт.). Также во исполнение постановления Государственного комитета обороны № 6209С от 18.07.1944 г. и приказа Народного комиссариата тяжелой промышленности № 461с от 22.07.1944 г. на заводе была начата организация производства литых башен для нового среднего танка Т-44. В 1944 г. завод им. Ильича изготовил 125 башен танка Т-44 (100 % плана) [10, с. 26].

Для развития теории в танкостроении большое значение имели исследования профессоров А. С. Антонова, Я. Е. Биновича, А. А. Благоднарова, Н. И. Груздева, М. В. Данченко, А. И. Благоднарова, М. К. Кристи, В. Д. Кузнецова, П. С. Плакунова, А. А. Прокофьева, К. А. Сибиренкова и др. Огромный вклад в советское танкостроение внесли такие конструкторы и ученые, как Ж. Я. Котин, М. И. Кошкин, А. А. Морозов, Н. Л. Духов [2, с. 170]. Одним из основоположников научной школы конструирования транспортных дизелей стал И. Я. Трашутин – конструктор-моторостроитель, дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Государственных премий СССР, почетный гражданин г. Челябинска. Имя его стоит в ряду самых выдающихся деятелей в области двигателестроения [11, с. 164–165].

### ***3. Развитие химической промышленности***

Потребность в различных взрывчатых веществах и боеприпасах в период войны была огромна. Армии требовались сотни миллионов артиллерийских снарядов, различных мин, ручных гранат, патронов, авиабомб и морских торпед. Их производство надо было обеспечить многими материалами, в создании которых большое участие принимали научные учреждения.

Научно-технический совет по координации и усилению научных исследований в области химии для нужд обороны, созданный 10 июля 1941 г. решением Государственного комитета обороны СССР, имел в своем составе секцию порохов, взрывчатых веществ и боеприпасов, которой руководил проф. Н. М. Жаворонков.

Большой вклад в разработку теории взрыва, химию и технологию порохов и взрывчатых веществ внесли академик И. Н. Семенов, профессора Ю. Б. Харитон, Я. Б. Зельдович, Б. Б. Жуков, К. К. Андреев, А. Я. Апин, А. С. Бакаев, А. А. Шмидт, Л. И. Багал, А. Г. Горет, А. П. Законщиков, Г. К. Клименко, И. М. Нейман, А. Е. Скориус, Д. И. Гальперин, Ф. А. Баум, И. И. Эйтингон, Е. Ю. Орлова и другие [2, с. 208–209].

В период войны в связи с необходимостью чрезвычайного расширения производства металлургической, химической, авиационной, танковой промышленности и промышленности боеприпасов неизмеримо возросла потребность в кислороде. Академик П. Л. Капица по-новому разрешил проблему получения кислорода в больших количествах. Турбокислородная установка, сконструированная академиком, была самой мощной в мире [2, с. 311].

С 1943 г. развернулись работы по восстановлению химических заводов на Украине, и в первую очередь в Донбассе, где до войны действовали семь крупных химических заводов.

Так, в 1944–1945 гг. был восстановлен Горловский азотно-туковый завод. 18 апреля 1944 г., через семь месяцев после начала восстановительных работ, завод произвел первую продукцию – жидкий кислород. Основным его потребителем стал 1-й Украинский фронт. Жидкий кислород использовался для ремонта танков. Рядом с заводом, прямо на поле, приземлялись самолеты и забирали баллоны – 60 шт. ежедневно. Но этого военным не хватало, поэтому они торопили горловских азотчиков с вводом второй очереди предприятия. Тем не менее, это была первая трудовая победа коллектива завода [12, с. 87–94].

Профессорско-преподавательский состав химико-технологического факультета Донецкого индустриального института под руководством профессора И. Е. Коробчанского работал над повышением коксующихся свойств газовых углей красноармейского месторождения, а профессор Н. Н. Рождественский – над вопросом воздействия кислорода на фенол.

#### **4. Энергетика**

Восстановление энергетической базы явилось одной из основных задач восстановления промышленности Донбасса. В апреле 1944 г. Государственный комитет обороны принял решение «О введении новых мощностей на электростанциях в 1944 г.», в котором много внимания уделялось освобожденным областям УССР. В разгар войны конструкторские бюро заводов энергетического машиностроения, эвакуированных на Урал, уже занимались разработкой нового оборудования для электростанций Донбасса.

Так, на Ленинградском металлическом заводе, конструкторское бюро паровых турбин которого было размещено в г. Верхняя Салда, под руководством ведущего специалиста по паровым турбинам М. И. Гринберга были проведены работы по конструированию серии новых паровых турбин высокого давления. Его и главного инженера конструкторско-монтажного бюро завода М. Н. Бушуева называют основоположниками современного советского турбостроения.

Такие же задачи стояли и перед крупнейшим электротехническим заводом страны «Электросила». Трудящиеся ленинградского завода, несмотря на исключительно тяжелые условия блокады, первыми начали строить мощные турбогенераторы для восстанавливаемых электростанций Донбасса в 1943 г. За годы войны они изготовили 15 турбогенераторов для Шахтинской, Зуевской, Кадиевской и других электростанций. Общая энергетическая мощность агрегатов, полученных за годы войны Донбассом от рабочих Ленинграда, почти равна мощности генераторов Днепрогэса. Памятником истории стали надпись на генераторе электростанции Макеевского металлургического завода: «Трудящимся Макеевки от рабочих и инженерно-технических работников ленинградского завода «Электросила». Изготовлено во время блокады» и мемориальная доска на одной из стен Сталинского металлургического завода: «Турбогенератор в 5 000 кВт. Сделан в Ленинграде в период блокады» [5, с. 73–74].

#### **5. Развитие транспорта**

В годы войны железнодорожный транспорт был органической частью военного аппарата СССР. В связи с этим на основе постановления Государственного комитета обороны СССР «О восстановлении железных дорог» от 3 января 1942 г. производилось форсированное восстановление ключевых железнодорожных линий страны на освобожденных от врага территориях СССР. Южно-Донецкая и Северо-Донецкая железные дороги относились к таковым, ведь они обслуживали стратегически важный промышленный узел – Донбасс.

Над решением проблем, связанных с работой железных дорог в чрезвычайных условиях, работали известные ученые в области железнодорожного транспорта – академики В. Н. Образцов, С. П. Сыромятников, Г. П. Передерий; члены-корреспонденты Академии наук СССР А. В. Горинов, Б. Н. Веденисов, И. И. Николаев, В. В. Звонков, Т. С. Хачатуров; профессора С. В. Земблинов, Г. К. Евграфов, П. С. Дурново, П. Г. Козийчук, П. В. Бартенев, М. В. Винокуров, М. И. Вахнин, Е. В. Михальцев, В. Д. Никитин, А. М. Бабичков, В. В. Повороженко и др.

В 1943 г. ученые Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта подготовили «Руководство по восстановлению железных дорог». Профессор К. Г. Протасов возглавил технический отдел Главного управления военно-восстановительных работ Народного комиссариата путей сообщения СССР [13, с. 154–160].

Благодаря упорному труду железнодорожников к концу Великой Отечественной войны донецкие магистрали были в основном восстановлены.

К концу войны количество автомобилей в народном хозяйстве страны уменьшилось в 2,7 раза по сравнению с довоенным периодом. Особенно резкое их сокращение произошло на территориях, временно оккупированных противником. Так, на Украине количество автомобилей уменьшилось в 4 раза.

Работникам автомобильного транспорта Украинской ССР надо было фактически начинать с нуля. Количество грузовых автомобилей в народном хозяйстве республики к началу 1944 г. не превышало нескольких сот единиц. Но уже в последующие полтора года их стало значительно больше, а грузооборот каждого автомобиля намного возрос. Сказалась помощь других республик и высокая производительность труда транспортников [1, с. 478–479].

Перестраивалась деятельность головного института отрасли – Научного автотракторного института Народного комиссариата среднего машиностроения СССР. В период Великой Отечественной войны институт занимался военно-техническими разработками. Однако уже в конце 1943 г. научное учреждение было освобождено от выпуска военной продукции и полностью вернулось к научно-исследовательской и экспериментально-конструкторской работе. Таким образом, во время войны перед ведущим научным центром автомобильной промышленности ставились не только ближайшие, но и перспективные задачи.

В данном контексте следует отметить работу академика Е. А. Чудакова. В годы войны Е. А. Чудаков был членом Автомобильно-технического комитета Главного автомобильного управления Красной Армии. Он выезжал на фронт, давал консультации по вопросам использования автомобилей в армии и оказывал непосредственную помощь автомобильным частям. Под его руководством и при активном участии в войсках был организован научный испытательный автомобильный батальон. Этот батальон занимался вопросами использования автомобилей в армейских условиях.

Принципиально важное значение имели работы Е. А. Чудакова для будущего. В частности, работы по перспективным типам автомобилей, хотя и прерывались на некоторое время, но уже в 1942 г., несмотря на сложнейшую обстановку в стране и в столице, были возобновлены в автомобильной лаборатории, а в последующие годы – в Институте комплексных транспортных проблем под руководством члена-корреспондента АН СССР Д. П. Великанова [14, с. 326–353].

На укрепление оборонного потенциала страны, на оказание эффективной помощи фронту в период Великой Отечественной войны была направлена научная деятельность ученых Московского автомобильно-дорожного института. Эта помощь осуществлялась путем проведения исследовательской работы кафедрами института, внедрения результатов научных разработок в производство и строительство, выполнения заданий Наркоматов, а также через написание диссертаций, учебников, монографий, инструкций (технических условий), отражавших научные и практические достижения в области строительства дорог, мостов, транспортных средств, их эксплуатации, ремонта и обслуживания.

Тематика научно-исследовательской работы, проводимой в Московском автомобильно-дорожном институте в сложнейших условиях эвакуации, а затем в Москве, контролировалась Главным управлением шоссейных дорог Народного комиссариата внутренних дел СССР и была подчинена обороне страны. Коллективы кафедр, лабораторий, учебно-производственных мастерских по возможности делали все, чтобы приблизить День Победы. Весомый вклад в наращивание военного потенциала страны внесли В. Ф. Бабков, Н. Н. Иванов, С. М. Полосин-Никитин, Н. В. Орнатский, Е. Е. Гибшман, А. А. Ильюшин, И. Г. Иванов-Дятлов, Н. Р. Брилинг, В. В. Ефремов и другие ученые института [15].

### **Выводы**

В целом успех социально-экономического восстановления Донбасса в 1943–1945 гг. стал возможным, с одной стороны, благодаря единству экономического комплекса Советского Союза, плановому характеру его развития, тесным кооперационным связям между республи-

ками, а с другой – благодаря самоотверженности, творческому труду огромного количества людей. Ученые сыграли ключевую роль в решении сложных задач по восстановлению угольной, металлургической промышленности, энергетики и транспортной инфраструктуры. Были предложены инновационные решения в гидрогеологии, горной инженерии, геологии, металлургии и других областях науки и техники:

- гидрогеология и горная инженерия: разработка методов осушения затопленных шахт, расчеты, подбор оборудования, предотвращение повторного затопления;
- добыча угля: совершенствование технологий добычи в условиях разрушенных выработок, повышение производительности и безопасности труда шахтеров;
- геология: оценка состояния угольных пластов, выявление новых месторождений;
- металлургия: восстановление и наладка оборудования, разработка рекомендаций по использованию сырья и оптимизации процессов;
- энергетика: восстановление электростанций, разработка систем энергоснабжения и внедрение энергосберегающих технологий;
- железнодорожный транспорт: восстановление путей, мостов, станций, разработка методов ускоренного ремонта и оптимизация логистики.

Было восстановлено 28 % горных выработок. В Сталинской области работало 51 предприятие черной металлургии, 12 доменных печей, 36 мартенов, 22 прокатных стана, 60 коксовых батарей. Были восстановлены все 14 электростанций, работавших до войны, более 6 тыс. км станционных дорог Южно-Донецкой и Северо-Донецкой железных дорог, сотни вокзалов, депо, мостов и др. сооружений [4, с. 487].

Без научного подхода быстрое восстановление экономики Донбасса было бы невозможным.

*Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.*

### **Список литературы**

1. История Украинской ССР : в 10 т. Т. 8. Украинская ССР в Великой Отечественной войне Советского Союза (1941–1945) / АН УССР, Институт истории, Институт археологии ; гл. ред. Ю. Ю. Кондуфор ; редкол. : В. И. Клоков [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1984. – 639 с.
2. Левшин, Б. В. Советская наука в годы Великой Отечественной войны / Б. В. Левшин. – Москва : Наука, 1983. – 382 с.
3. История технического развития угольной промышленности Донбасса : в 2 т. Т. 1 / [А. П. Щербань, В. Д. Алексеенко, С. В. Шухардин и др.] ; АН УССР, Сектор истории техники и естествознания Института истории, М-во угольной промышленности УССР, Техническое управление ; [гл. ред. и авт. предисл. А. Н. Щербань]. – Киев : Наукова думка, 1969. – 654 с.
4. История (история Донбасса : от древности до современности) / [С. Н. Абуков, А. С. Бобровский, В. К. Гриб и др.] ; Донец. нац. ун-т. ; под общ. ред. Л. Г. Шепко, В. Н. Никольского. – Донецк : ДонНУ, 2018. – 693 с.
5. Фадейкина, Н. В. Николай Вознесенский и другие представители отечественной науки о государственном бюджете, денежном обращении и кредите в годы Великой Отечественной войны / Н. В. Фадейкина, П. А. Новгородов. – Текст : электронный // Сибирская финансовая школа. – 2025. – № 3. – С. 5–17. – URL: <https://doi.org/10.34020/1993-4386-2025-3-5-17> (дата обращения: 03.11.2025).
6. Мозохин, О. Б. Экономическая и политическая деятельность председателя Госплана СССР Н. А. Вознесенского / О. Б. Мозохин. – Текст : электронный // Вестник Самарского университета. История, педагогика, филология. – 2024. – № 2. – С. 20–30. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-i-politicheskaya-deyatelnost-predsdatelya-gosplana-sssr-n-a-vozneshenskogo> (дата обращения: 04.11.2025).
7. История рабочих Донбасса : в 2 т. Т. 2. Рабочие Донбасса в период завершения строительства социализма и постепенного перехода к коммунизму / [А. В. Лихолат, Л. А. Беспалова, В. Ф. Близнюк и др.] ; гл. ред. Ю. Ю. Кондуфор ; редкол. : А. В. Лихолат [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1981. – 431 с.
8. Шапиро, М. Л. Горловский машиностроительный завод имени С. М. Кирова: Очерки из истории / [М. Л. Шапиро ; Лит. запись : А. И. Ярмаль, А. Я. Винник] ; под ред. В. П. Семисенко. – Донецк : Донбасс, 1971. – 109 с.
9. Рощина, Л. А. Роль Донецкого индустриального института в послевоенном возрождении и развитии Донбасса (1943–1960 гг.) / Л. А. Рощина, Л. В. Борбачева. – Текст : электронный // Вестник Луганского национального университета имени В. Даля. – 2019. – № 2(20). – С. 152–157. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=40102868> (дата обращения: 05.11.2025).

10. Запарий, В. В. Восстановление юго-восточной базы советской танковой промышленности СССР в 1943–1944 гг. / В. В. Запарий, Н. Н. Мельников. – Текст : электронный // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. – 2021. – № 11/2. – С. 23–27. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47569219> (дата обращения: 06.11.2025).
11. Жеребецкий, П. И. Горловка : научно-публицистические очерки / П. И. Жеребецкий. – 2-е изд., перераб. и доп. – Донецк : Донбасс, 2012. – 532 с.
12. Пеунов, В. К. Мера истины : художественно-документальная повесть / В. К. Пеунов. – Киев : Днипро, 1985. – 143 с.
13. Железнодорожники в Великой Отечественной войне [1941–1945] / [Подгот. Г. К. Головачев, Г. А. Литвин] ; под ред. Н. С. Конарева. – 2-е изд., доп. – Москва : Транспорт, 1987. – 589 с.
14. Рифицкий, Г. П. Развитие автомобильно-дорожного комплекса России накануне и в годы Великой Отечественной войны (исторический аспект) : специальность 07.00.02 «Отечественная история» : диссертация на соискание ученой степени доктора исторических наук / Рифицкий Георгий Петрович ; Московский Институт МВД РФ. – Москва, 1999. – 453 с. – URL: <https://warlib.site/rifitskiy/> (дата обращения: 07.11.2025). – Текст : электронный.
15. Приходько, В. МАДИ в годы Великой Отечественной войны : научно-исследовательская деятельность / В. Приходько, А. Стахевич, Н. Шашина. – Текст : электронный // Высшее образование в России. – 2006. – № 5. – С. 86–95. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/madi-v-gody-velikoy-otechestvennoy-voyny-nauchno-issledovatel'skaya-deyatelnost> (дата обращения: 24.05.2025).

### References

1. History of the Ukrainian SSR : in 10 volumes. Vol. 8. Ukrainian SSR in the Great Patriotic War of the Soviet Union (1941–1945). USSR Academy of Sciences, Institute of History, Institute of Archeology ; editor-in-chief Yu. Yu. Kondufor; editorial board : V. I. Klovov [et al.]. Kiev : Nauk. dumka, 1984. 639 p. (In Russ.)
2. Levshin B. V. Soviet Science during the Great Patriotic War. Moscow : Nauka, 1983. 382 p. (In Russ.)
3. History of the Technical development of the coal industry of Donbass: in 2 volumes. Vol. 1 [A. P. Shcherban, V. D. Alekseenko, S. V. Shukhardin et al.]; Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Sector of the History of Technology and Natural Science of the Institute of History, Ministry of Coal Industry of the Ukrainian SSR, Technical Directorate; [ed. in chief and author of the foreword A. N. Shcherban]. Kyiv: Naukova Dumka, 1969. 654 p. (In Russ.)
4. History (History of Donbass: from Ancient Times to the Present) [S. N. Abukov, A. S. Bobrovskii, V. K. Grib, et al.]; Donetsk National University; edited by L. G. Shepko, V. N. Nikolskii. Donetsk : DonNU, 2018. 693 p. (In Russ.)
5. Fadeikina N. V. Nikolai Voznesenskii and Other Representatives of Russian Science on the State Budget, Money Circulation and Credit during the Great Patriotic War. N. V. Fadeikina, P. A. Novgorodov. Sibirskaya finansovaya shkola. [Siberian Financial School]. 2025. № 3. Pp. 5–17. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.34020/1993-4386-2025-3-5-17>
6. Mozokhin O. B. Economic and Political Activities of the Chairman of the USSR State Planning Committee N. A. Voznesenskii. Vestnik Samarskogo universiteta. Istoriya, pedagogika, filologiya. [Bulletin of Samara University. History, pedagogy, philology]. 2024. № 2. Pp. 20–30. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-i-politicheskaya-deyatelnost-predsedatelya-gosplana-sssr-n-a-voznensenskogo>
7. History of the Workers of Donbass : in 2 volumes. Vol. 2. Workers of Donbass during the period of completion of the socialism construction and the gradual transition to communism [A. V. Likhohat, L. A. Bespalova, V. F. Bliznyuk, et al.]; ed.-in-chief Yu. Yu. Kondufor; editorial board : A. V. Likhohat [et al.]. Kyiv: Naukova Dumka, 1981. 431 p. (In Russ.)
8. Shapiro M. L. Gorlovka Machine-Building Plant named after S. M. Kirov: Essays on History [M. L. Shapiro; Lit. entry : A. I. Yarmal, A. Ya. Vinnik]; edited by V. P. Semisenko. Donetsk : Donbass, 1971. 109 p. (In Russ.)
9. Roshchina L. A. The Role of the Donetsk Industrial Institute in the Post-War Revival and Development of Donbass (1943–1960) L. A. Roshchina, L. V. Borbacheva. Vestnik Luganskogo natsional'nogo universiteta imeni V. Dal'a. [Bulletin of Luhansk National University named after V. Dahl]. 2019. № 2(20). Pp. 152–157. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=40102868>
10. Zaparii V. V. Restoration of the Southeastern Base of the Soviet Tank Industry of the USSR in 1943–1944. V. V. Zaparii, N. N. Mel'nikov. Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Gumanitarnye nauki. [Modern Science: Current Problems of Theory and Practice. Series: Humanities]. 2021. № 11/2. Pp. 23–27. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47569219>
11. Zherebetskii P. I. Gorlovka: scientific and journalistic essays. 2nd ed., revised and enlarged. Donetsk : Donbass, 2012. 532 p. (In Russ.)
12. Peunov V. K. The Measure of Truth: a fictional documentary story. Kiev: Dnipro, 1985. 143 p. (In Russ.)
13. Railway Workers in the Great Patriotic War [1941–1945] [Prepared by G. K. Golovachev, G. A. Litvin]; edited by N. S. Konarev. 2nd ed., supplemented. Moscow : Transport, 1987. 589 p. (In Russ.)
14. Rifitskii G. P. Development of the Russian Automobile and Road Complex on the Eve of and during the Great Patriotic War (historical aspect): Specialty 07.00.02 “Domestic history” : dissertation for the Degree of Doctor of Historical Sciences. Rifitskii Georgii Petrovich; Moscow Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation. Moscow, 1999. 453 p. (In Russ.) URL: <https://warlib.site/rifitskiy/>

15. Prikhodko V. MADI during the Great Patriotic War : Research Activities. V. Prikhodko, A. Stakhevich, N. Shashina. Vysshee obrazovanie v Rossii. [Higher education in Russia]. 2006. № 5. Pp. 86–95. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/madi-v-gody-velikoy-otechestvennoy-voyny-nauchno-issledovatel'skaya-deyatelnost>

*Статья поступила 10.11.2025*

*© М. А. Шипович, 2025*

*Рецензент: О. И. Черноус, канд. экон. наук, доц.,  
Автомобильно-дорожный институт  
(филиал) ДонНТУ в г. Горловка*

***М. А. Шипович***

**Ретроспективный анализ роли научных достижений в восстановлении экономики Донбасса  
в период Великой Отечественной войны**

Великая Отечественная война нанесла колоссальный ущерб народному хозяйству СССР, особенно Донбассу. Несмотря на тяжелейшие условия, уже в 1943–1944 гг. началось восстановление региона. Отечественная наука сыграла ключевую роль в этом процессе, решая насущные задачи по возрождению Донбасса.

К моменту освобождения, в сентябре 1943 года, Донбасс был разрушен: затоплены шахты, разграблены заводы, парализован транспорт. Восстановление требовало не только ресурсов, но и глубоких научных знаний.

Государственный план восстановления Донбасса предусматривал скорейшее возобновление производства, прежде всего в угольной и металлургической промышленности.

Вклад науки проявлялся по нескольким направлениям:

- гидрогеология и горная инженерия: разработка методов осушения затопленных шахт, расчеты, подбор оборудования, предотвращение повторного затопления. Ученые Академии наук СССР активно участвовали в этих работах;

- добыча угля: совершенствование технологий добычи в условиях разрушенных выработок, повышение производительности и безопасности труда шахтеров;

- геология: оценка состояния угольных пластов, выявление новых месторождений;

- металлургия: восстановление и наладка оборудования, разработка рекомендаций по использованию сырья и оптимизации процессов;

- энергетика: восстановление электростанций, разработка систем энергоснабжения и внедрение энерго-сберегающих технологий;

- железнодорожный транспорт: восстановление путей, мостов, станций, разработка методов ускоренного ремонта и оптимизация логистики.

Великая Отечественная война нанесла огромный урон Донбассу, но благодаря целенаправленным усилиям государства и, особенно, активному участию отечественной науки, регион начал восстанавливаться уже в 1943–1944 годах. Ученые сыграли ключевую роль в решении сложных задач по восстановлению угольной, металлургической промышленности, энергетики и транспортной инфраструктуры, предлагая инновационные решения в гидрогеологии, горной инженерии, геологии, металлургии и других областях науки и техники. Без научного подхода быстрое восстановление Донбасса было бы невозможным.

**ЭКОНОМИКА, ПЛАН, НАРОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО, УЩЕРБ, ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ, НАУКА, ВЕЛИКАЯ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ВОЙНА**

***М. А. Shipovich***

**Retrospective Analysis of the Role of Scientific Achievements in the Recovery of the  
Donbas Economy During the Great Patriotic War**

The Great Patriotic War inflicted colossal damage on the national economy of the USSR, especially in Donbass. Despite the most difficult conditions, the restoration of the region began as early as 1943–1944. Domestic science played a key role in this process, solving urgent problems related to the revival of Donbass.

By the time of liberation in September 1943, Donbass had been destroyed: mines had been flooded, factories had been looted, and transport had been paralyzed. Restoration required not only resources, but also deep scientific knowledge.

The state plan for the restoration of Donbass envisaged the rapid resumption of production, primarily in the coal and metallurgical industries.

The contribution of science was carried out in several directions:

- hydrogeology and mining engineering: development of methods for draining flooded mines, calculations, equipment selection, and prevention of re-flooding. Scientists from the USSR Academy of Sciences actively participated in these works;
- coal mining: improvement of mining technologies in conditions of destroyed workings, increasing productivity and safety of miners;
- geology: assessment of the state of coal seams, identification of new deposits;
- metallurgy: restoration and adjustment of equipment, development of recommendations on the use of raw materials and process optimization;
- energy: restoration of power plants, development of energy supply systems and implementation of energy-saving technologies;
- railway transport: restoration of tracks, bridges, stations, development of accelerated repair methods and optimization of logistics.

The Great Patriotic War inflicted enormous damage on Donbass, but thanks to the targeted efforts of the state and, especially, the active participation of domestic science, the region began to recover as early as 1943–1944. Scientists played a key role in solving complex problems related to the restoration of coal, metallurgy, energy, and transport infrastructure, offering innovative solutions in hydrogeology, mining engineering, geology, metallurgy, and other fields of science and technology. Without a scientific approach, the rapid restoration of Donbass would have been impossible.

ECONOMY, PLAN, NATIONAL ECONOMY, DAMAGE, INDUSTRY, RESTORATION, SCIENCE, GREAT PATRIOTIC WAR

#### Сведения об авторе:

##### **Шипович Марина Анатольевна**

Кандидат исторических наук доцент,

заведующий кафедрой «Общественные науки» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 2762-3954  
 ORCID ID: 0000-0002-8291-9920  
 Телефон: +7 949 331-70-26  
 Эл. почта: m.a.shipovich@mail.ru

#### Author's information:

##### **Shipovich Marina Anatolievna**

Candidate of Historical Sciences, Docent,

Head of the Chair “Social Sciences” of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Donetsk National Technical University” in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 2762-3954  
 ORCID ID: 0000-0002-8291-9920  
 Phone: +7 949 331-70-26  
 Email: m.a.shipovich@mail.ru

УДК 005.21:004.4

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19046887>**Р. Р. Гайдай****СТРАТЕГИИ ПЕРЕХОДА ПРЕДПРИЯТИЙ НА РОССИЙСКИЕ СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

*В статье рассматриваются возможные стратегии перехода предприятий с зарубежных систем автоматизированного проектирования на отечественные аналоги и связанные с их реализацией затраты и возможные проблемы. Приводятся особенности использования отечественного программного обеспечения на различных производственных этапах и связанные с этим риски.*

**Ключевые слова:** стратегия, системы автоматизированного проектирования, программное обеспечение, аналог, затраты, риски, эффект

**Для цитирования:** Гайдай, Р. Р. Стратегии перехода предприятий на российские системы автоматизированного проектирования / Р. Р. Гайдай // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2025. – № 4(55). – С. 97–104. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19046887>.

**Постановка проблемы**

Использование инженерного программного обеспечения (ПО), в частности систем автоматизированного проектирования (САПР), на производственных предприятиях в наше время является практически обязательным. При этом значительная часть такого ПО разрабатывается иностранными компаниями, что в современных российских реалиях создает внешнеполитические и внешнеэкономические риски при их массовом использовании отечественными предприятиями. Для снижения подобного рода рисков и обеспечения стабильного функционирования предприятий возникает необходимость перехода на ПО российских разработчиков. Однако миграция с иностранных САПР, длительное время использовавшихся на предприятиях, сопряжена с дополнительными финансовыми и временными затратами. Различные САПР отличаются между собой по функционалу, а особенности интерфейса требуют дополнительного времени на ознакомление и приобретение опыта работы с ними персонала. В этой связи актуальными направлениями для научных исследований являются: анализ преимуществ и недостатков российского ПО по сравнению с зарубежными аналогами; оценка стоимости перехода (полного или частичного) на российское ПО; анализ рисков, связанных с миграцией с иностранного ПО; разработка стратегий перехода на новые САПР.

**Анализ исследований и публикаций**

Исследованию процессов внедрения отечественных САПР на предприятиях посвящены работы инженеров-конструкторов: Д. В. Орехова и М. Я. Якубова, а также ученых В. С. Янченко, С. В. Смирнова, Д. Н. Кутлярова, М. А. Тальпова и др. При этом остается открытым вопрос о стратегиях перехода с иностранного ПО на отечественное и связанных с этим затрат и рисков.

**Цель статьи** – разработка вариантов стратегий внедрения российского инженерного ПО на отечественных производственных предприятиях и обоснование их особенностей и критериев выбора.

**Основные результаты исследования**

После начала санкционного давления на Российскую Федерацию для многих отечественных предприятий стал актуальным вопрос перехода на отечественные САПР. Приказом

№ 21 от 18.01.2023 г. Министерство цифрового развития Российской Федерации рекомендовало российским компаниям перейти на отечественное ПО. В первую очередь внедрить отечественное ПО на критически важных объектах (к 2024 году), и на государственных и муниципальных предприятиях (к 2030 году). Таким образом, значительная часть предприятий оказалась вынуждена переходить на российское ПО, в том числе на отечественные САПР [1].

Переход предприятий с зарубежных САПР на отечественные аналоги требует тщательного планирования и выбора оптимальной стратегии такого перехода. В зависимости от масштабов производства, специфики деятельности и доступных ресурсов предприятия могут использовать следующие стратегии:

1. Одновременное использование и отечественного, и иностранного ПО в зависимости от решаемых с их помощью задач. Несмотря на то, что российские САПР в ряде случаев уступают зарубежным аналогам по функционалу, они обладают рядом преимуществ, таких как ориентация на отечественные стандарты проектирования, более низкая (в большинстве случаев) стоимость лицензий и поддержка их внедрения со стороны государства.

2. Поэтапное замещение российским ПО иностранных аналогов. В таблице 1 приведены сходства и различия некоторых зарубежных САПР и их российских аналогов. Российские САПР обычно уступают по функционалу, и часто менее пригодны для работы со сложными и нестандартными проектами, но, в отличие от иностранных систем, ориентируются на российские стандарты проектирования. Наиболее совместимы между собой AutoCAD и nanoCAD.

Таблица 1 – Сходства и различия между зарубежными САПР и их отечественными аналогами

Зарубежная САПР/отечественный аналог	Сходства	Различия
AutoCAD/nanoCAD	Высокая степень совместимости (сходные или совпадающие названия команд), общий формат файлов (.dwg), язык программирования (LISP), схожий интерфейс и логика работы, аналогичный набор базовых инструментов черчения [2]	Поддержка nanoCAD российских стандартов проектирования в соответствии с ЕСКД [2]. Наличие функции параметрического моделирования [3]
Altium Design/Delta Design	Возможность обмена данными между библиотеками, схожий схемный редактор, аналогичный подход к трассировке печатных плат [4]	Различные стандарты оформления, различия на стадии формирования перечня элементов [4]
Ansys Mechanical/Компас-3D	Возможность импорта файлов из одной системы в другую, возможность проводить прочностные и тепловые расчеты [5]	Компас-3D уступает по функционалу (например, в области настройки параметров конечно-элементного разбиения) и частично – в точности расчетов [5]

3. Использование отдельных функций российского ПО, преимущественно в пилотных проектах. Положительный эффект будет иметь сотрудничество предприятий с разработчиками ПО, позволяющее им принимать участие в beta-тестированиях и получать специализированные курсы под конкретные производственные задачи. Так, компания «Нанософт» регулярно проводит курсы для сотрудников предприятий, преподавателей и студентов, обучая

работе со своей продукцией [6]. При этом разработчикам отечественных программных продуктов необходима обратная связь от предприятий в виде отзывов об опыте использования и предложений о модернизации программного обеспечения, которая позволит оперативно выявлять недостатки и совершенствовать САПР [7].

4. Полный одномоментный переход с иностранного на отечественное ПО. На начальном этапе внедрения новых САПР рекомендуется обеспечивать индивидуальный подход компании-разработчика к каждому клиенту, позволяющий наиболее точно оценить его потребности, и предложить для использования наиболее оптимальные программные решения.

Выбор стратегии перехода предприятия на отечественные интеллектуальные системы во многом зависит от готовности его руководства к изменениям. Для выбора оптимальной стратегии важно учесть наиболее часто встречающиеся проблемы при переходе на новое для предприятий ПО.

Основной проблемой перехода на российские САПР является необходимость осуществления дополнительных затрат. Затраты предприятий можно разделить на следующие категории:

1. Закупка лицензий на отечественные САПР. Традиционно цены на российское ПО ниже, чем на зарубежное. Это соотношение справедливо для AutoCAD/nanoCAD, Ansys/КОМПАС-3D, однако есть и исключения, например, Delta Design – отечественный аналог Altium Design – обойдется значительно дороже (таблица 2). Различия в цене, как правило, обусловлены тем, что отечественное ПО по некоторым параметрам имеет ограничения и уступает зарубежному.

Таблица 2 – Сравнение цен на лицензии зарубежных САПР и их отечественных аналогов

Зарубежная САПР	Вид и цена лицензии	Отечественный аналог	Цена лицензии
AutoCAD	Годовая локальная – 2 095 долл. ( $\approx$ 160 тыс. руб.)	nanoCAD (основной модуль, Windows)	Годовая локальная – 22 700 руб.
Altium Designer	Постоянная для малого и среднего бизнеса – 501 040,8 руб.	Delta Design	Постоянная – 907 550 руб.
Ansys Mechanical	Годовая – 22 000 долл. ( $\approx$ 1,7 млн руб.)	Компас 3D	Годовая – 112 500 руб.

2. Перенос проектов в отечественные САПР. На начальном этапе предприятию потребуется дополнительное время и средства для переноса готовых проектов в новые программы, при этом необходимо уделить внимание конвертации параметрических моделей, сложных сборок, аннотаций и размеров. Для некоторой части моделей может потребоваться трудоемкое ручное исправление и доработка. Многие библиотеки типовых деталей и материалов для ПО, разрабатываемые самими предприятиями, могут оказаться несовместимыми с новыми программами.

3. Обучение сотрудников работе на новых САПР. Переход на новое ПО сопряжен со значительными финансовыми и временными затратами, обусловленными различием интерфейсов программ, различиями в результатах расчетов, использованием различных методов вычисления.

4. Разработка собственных САПР или модулей к ним в связи с отсутствием отечественных аналогов зарубежных систем, ранее использовавшихся на предприятии. Для многих предприятий для работы со специфическими задачами необходимы узкоспециализированные модули, основанные на существующих САПР. Разработка таких модулей требует значительных ресурсов. Поэтому для принятия решения о выделении средств на внедрение нового инженерного ПО необходимы точные расчеты окупаемости затрат [8].

Текущая задача для российских компаний – обеспечить поэтапное внедрение российских САПР в программу создания и поставок продукции [7]. Успех стратегии перехода предприятий на новое отечественное инженерное ПО будет определяться особенностями ее реализации на различных производственных этапах:

1. Этап проектирования продукции. Возможные конструктивные ошибки на этом этапе могут привести к значительным убыткам. Вероятность подобных ошибок возрастает при внедрении новой САПР, что необходимо учитывать и стараться свести их к минимуму. Также задачей предприятия на этом этапе является сокращение времени на разработку новой продукции. При этом возможны временные потери, обусловленные различиями интерфейсов между используемыми и новыми системами САПР. Решение данной проблемы может быть достигнуто как заблаговременной организацией обучения сотрудников работе на новом ПО, так и (если подобное возможно осуществить) доработкой программного обеспечения под нужды конкретного предприятия [7, 9].

2. Этап производства продукции. Цель предприятия на данном этапе заключается в снижении себестоимости и повышении качества выпускаемой продукции [7, 9]. Это достигается снижением затрат на материалы и ресурсы, минимизацией отклонений от проектных размеров деталей за счет автоматизации производства. Использование цифровых копий изделий позволяет разрабатывать технологические процессы, вести планирование и учет, производить мониторинг производственных процессов. Данные технологии разрабатываются государственной корпорацией «Ростех» [10].

Системы управления жизненным циклом (Product Lifecycle Management, PLM) на этапе производства позволяют планировать его объем и управлять ресурсами. Опыт внедрения отечественных САПР, интегрированных с PLM, есть у ООО «КАМАЗ тормозные системы», которая использует продукты АСКОН – САПР КОМПАС-3D, систему проектирования технологических процессов ВЕРТИКАЛЬ, систему управления инженерными данными ЛОЦМАН:PLM и систему управления нормативно-справочной информацией ПОЛИНОМ:MDM для проектирования и управления жизненным циклом изделий. Руководство компании отмечает удобство ведения работы в единой программной системе [11]. Это же ПО применяется на предприятии АО «Центр технологии судостроения и судоремонта», за счет чего было достигнуто сокращение издержек на производство и исключение простоев оборудования на предприятии [12].

3. Этап эксплуатации продукции. На данном этапе предприятие должно обеспечить своевременное и качественное гарантийное обслуживание своей продукции. Опыт оптимизации затрат на этапе производства возможно использовать для снижения затрат на гарантийное обслуживание. Например, использование цифровых моделей изделий позволяет оперативно производить их диагностику и ремонт. Основным риском на этом этапе является возможность недостаточной интеграции между новыми САПР и системами управления жизненным циклом [7, 9].

Таким образом, переход российских предприятий с зарубежных систем автоматизированного проектирования на отечественные аналоги является необходимым шагом в условиях санкционного давления и государственной политики импортозамещения. Однако этот процесс сопряжен с рядом экономических и организационных сложностей, включая значительные затраты на закупку лицензий, необходимость обучения персонала и разработки специализированных программных модулей. Поэтому важен обоснованный выбор стратегии внедрения отечественных ПО на предприятиях. Это позволит с наименьшими потерями осуществить миграцию на новое ПО.

Для успешной реализации стратегии миграции на российские САПР предприятиям необходим индивидуальный подход со стороны разработчиков ПО, учитывающий специфику их производственных процессов, включающий активное взаимодействие с разработчиками ПО для оперативного устранения недостатков и совершенствования функционала ПО.

Эффект от внедрения отечественного ПО проявляется на всех этапах жизненного цикла продукции – от проектирования до эксплуатации – за счет снижения количества ошибок, оптимизации производственных процессов и сокращения затрат на гарантийное обслуживание продукции. Однако значительные затраты на внедрение российского ПО не всегда перекрываются выгодами от его использования. Поэтому дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку методик оценки окупаемости затрат при переходе с зарубежных на отечественное ПО и анализ экономического эффекта от его внедрения.

Таким образом, несмотря на связанные с этим трудности, переход предприятий на российские САПР является стратегически важным направлением, способствующим технологической независимости и устойчивому развитию отечественной экономики в долгосрочной перспективе [13].

### **Выводы**

В условиях ограничения использования зарубежного ПО российские предприятия вынуждены переходить на отечественные аналоги. Для быстрого и безболезненного перехода предприятие должно использовать определенную стратегию миграции в зависимости от своих целей и возможностей. Стратегия может включать использование различных САПР одновременно, постепенное замещение зарубежного ПО, одномоментный переход на новую систему и взаимодействие с разработчиками ПО. Правильно разработанная стратегия перехода на отечественное ПО позволит совершенствовать производство на всех этапах за счет оптимизации бизнес-процессов. Успех стратегии будет определяться особенностями ее реализации на различных производственных этапах. Важной и требующей дальнейшего исследования задачей является оценка окупаемости вложений в разработку и реализацию стратегии перехода предприятий на российские системы автоматизированного проектирования.

*Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.*

### **Список литературы**

1. Казанцев, А. С. Перспективы перехода госучреждений на импортонезависимое программное обеспечение в рамках соблюдения информационной безопасности / А. С. Казанцев, А. И. Дубровина. – Текст : электронный // Молодой исследователь Дона. – 2024. – № 9(3). – С. 32–35. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-perehoda-gosuchrezhdeniy-na-importonezavisimoe-programmnoe-obespechenie-v-ramkah-soblyudeniya-informatsionnoy/viewer> (дата обращения: 17.10.2025).
2. Гурский, И. Н. Сравнительный анализ САПР AutoCAD 2022 и nanoCad 2022 / И. Н. Гурский, У. Р. Сидаравичуте. – Текст : электронный // Eromen. Global : электронное периодическое политематическое научное издание – 2023. – № 41. – С. 10–19. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54625825> (дата обращения: 20.10.2025).
3. Кутляров, Д. Н. Сравнение работы международной САПР AutoCAD и программы импортозамещения nanoCAD на примере проектирования грунтовой плотины / Д. Н. Кутляров, М. А. Талыпов, Ю. Э. Садыкова. – Текст : электронный // Строительство и природообустройство: наука, образование и практика: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти заслуженного мелиоратора РФ, доктора технических наук, профессора И. С. Алексейко, Благовещенск, 18 октября 2023 года. – Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. – С. 55–61. – EDN QZXMMT. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=55813894&pff=1> (дата обращения: 21.10.2025).
4. Боков, А. А. Анализ систем автоматизированного проектирования печатных плат / А. А. Боков, Е. А. Данилова. – Текст : электронный // Современные информационные технологии. – 2024. – № 40(40). – С. 123–128. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=76509127> (дата обращения: 22.10.2025).
5. Черноусов, Е. А. Системы автоматизированного проектирования в реализации задач авиастроения / Е. А. Черноусов. – Текст : электронный // Шаг в науку. – 2022. – № 4. – С. 81–86. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-avtomatizirovannogo-proektirovaniya-v-realizatsii-zadach-aviastroeniya/viewer> (дата обращения: 23.10.2025).
6. Преподаватели МАРХИ прошли практический тренинг по nanoCAD BIM Строительство: шаг в сторону цифровой архитектуры. – Текст : электронный // Нанософт : [сайт]. – URL: <https://www.nanodev.ru/press/article/prepodavateli-markhi-proshli-prakticheskiy-trening-po-nanocad-bim-stroitelstvo-shag-v-storonu-tsifrovoy-arhitekturnoy>. – Дата публикации: 16.06.2025.

7. Якубов, М. Я. Особенности импортозамещения систем автоматизированного проектирования на высокотехнологичных предприятиях / М. Я. Якубов. – Текст : электронный // Экономика и бизнес: теория и практика = Economy and business: theory and practice. – 2024. – № 11-3(117). – С. 183–188. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-importozamesheniya-sistem-avtomatizirovannogo-proektirovaniya-na-vysokotekhnologichnyh-predpriyatiyah/viewer> (дата обращения: 24.10.2025).
8. Орехов, Д. В. Анализ эффективности автоматизации проектирования гидравлических станций / Д. В. Орехов. – Текст : электронный // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. – 2024. – № 1(23). – С. 13–20. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-avtomatizatsii-proektirovaniya-gidravlicheskih-stantsiy/viewer> (дата обращения: 27.10.2025).
9. Нестерова, Н. С. Оценка эффективности систем автоматизированного проектирования / Н. С. Нестерова, Е. А. Гавриловская. – Текст : электронный // Вестник ИМСИТ. – 2023. – № 1(93). – С. 25–29. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54370516> (дата обращения: 28.10.2025).
10. В Ростехе создают решение для работы с большими данными и цифровыми двойниками. – Текст : электронный // АвиаПорт : [сайт]. – URL: <https://www.aviaport.ru/news/v-rostekhe-sozdayut-reshenie-dlya-raboty-s-bolshimi-dannymi-i-tsifrovymi-dvoynnikami/>. – Дата публикации: 10.09.2024.
11. ООО «КАМАЗ тормозные системы» обеспечивает качество автокомпонентов, используя PLM-решение АСКОН. – Текст : электронный // Аскон : [сайт]. – URL: <https://ascon.ru/news/2025/07/22/ooo-kamaz-tormoznye-sistemy-obespechivaet-kachestvo-avtokomponentov-ispolzuaya-plm-reshenie-askon/>. – Дата публикации: 22.07.2025.
12. Управлять производством на основе достоверных данных: опыт внедрения PLM+MES решения АСКОН на предприятии АО «ЦТСС». – Текст. Изображение : электронные // Аскон : [сайт]. – URL: <https://ascon.ru/news/2025/05/20/upravlyat-proizvodstvom-na-osnove-dostovernyh-dannyh-opyt-vnedreniya-plm-mes-resheniya-askon-na-predpriyatii-ao-ctss/>. – Дата публикации: 23.05.2025.
13. Бобков, А. В. Санкционное давление: возможности и потенциал российской экономики / А. В. Бобков. – Текст : электронный // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 4. – С. 79–84. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sanktsionnoe-davlenie-vozmozhnosti-i-potentsial-rossiyskoy-ekonomiki> (дата обращения: 21.08.2025).

### References

1. Kazantsev A. S. Prospects for the Transition of Government Agencies to Import-independent Software within the Framework of Information Security Compliance. A. S. Kazantsev, A. I. Dubrovina. Molodoi issledovatel' Dona. [Young Researcher of the Don]. 2024. № 9(3). Pp. 32–35. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-perehoda-gosuchrezhdeniy-na-importnezavisimoe-programmnoe-obespechenie-v-ramkah-soblyudeniya-informatsionnoy/viewer>
2. Gurskii I. N. Comparative Analysis of CAD Systems AutoCAD 2022 and NanoCad 2022. I. N. Gurskii, U. R. Sidaravichute. Epomen. Global : ehlektronnoe periodicheskoe politematicheskoe nauchnoe izdanie. [Epomen. Global : electronic periodical polythematic scientific publication]. 2023. № 41. Pp. 10–19. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54625825>
3. Kutliyarov D. N. Comparison of the International CAD System AutoCAD and the Import Substitution Program NanoCAD Using the Example of Earth Dam Design. D. N. Kutliyarov, M. A. Talypov, Yu. E. Sadykova. Stroitel'stvo i prirodoobustroistvo: nauka, obrazovanie i praktika: materialy vs Rossijskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchenoi pamyati zaslužennogo melioratora RF, doktora tekhnicheskikh nauk, professora I. S. Alekseiko, Blagoveshchensk, 18 oktyabrya 2023 goda. Blagoveshchensk : Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2023. [Construction and Environmental Management: Science, Education, and Practice: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation dedicated to the memory of the Honored Land Reclamation Engineer of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor I. S. Alekseiko, Blagoveshchensk, October 18, 2023. Blagoveshchensk : Far Eastern State Agrarian University]. 2023. Pp. 55–61. EDN QZXMMT. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=55813894&pff=1>
4. Bokov A. A. Analysis of Automated Design Systems for Printed Circuit Boards. A. A. Bokov, E. A. Danilova. Sovremennye informatsionnye tekhnologii. [Modern Information Technologies]. 2024. № 40(40). Pp. 123–128. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=76509127>
5. Chernousov E. A. Computer-aided Design Systems for Aircraft Engineering. Shag v nauku. [Step into Science]. 2022. № 4. Pp. 81–86. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-avtomatizirovannogo-proektirovaniya-v-realizatsii-zadach-aviastroeniya/viewer>
6. MARCHI faculty completed practical training on nanoCAD BIM Construction: A Step Toward Digital Architecture. Nanosoft : [website]. (In Russ.) URL: <https://www.nanodev.ru/press/article/prepodavately-markhi-proshli-prakticheskiy-trening-po-nanocad-bim-stroitelstvo-shag-v-storonu-tsifro/>.
7. Yakubov M. Ya. Features of Import Substitution of Computer-aided Design Systems at High-tech Enterprises. Ehkonomika i biznes: teoriya i praktika = Economy and business: theory and practice. 2024. № 11-3(117). Pp. 183–188. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-importozamesheniya-sistem-avtomatizirovannogo-proektirovaniya-na-vysokotekhnologichnyh-predpriyatiyah/viewer>

8. Orekhov D. V. Analysis of the Efficiency of Automated Design of Hydraulic Power Plants. *Avtomatizatsiya i modelirovanie v proektirovanii i upravlenii*. [Automation and Modelling in Design and Management]. 2024. № 1(23). Pp. 13–20. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-avtomatizatsii-proektirovaniya-gidravlicheskih-stantsiy/viewer>
9. Nesterova N. S. Evaluation of the Effectiveness of Computer-aided Design Systems. N. S. Nesterova, E. A. Gavrilovskaya. *Vestnik IMSIT*. [Bulletin of IMSIT]. 2023. № 1(93). Pp. 25–29. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54370516>
10. Rostec is developing a solution for working with big data and digital twins. *AviaPort* : [website]. (In Russ.) URL: <https://www.aviaport.ru/news/v-rostekhe-sozdayut-reshenie-dlya-raboty-s-bolshimi-dannymi-i-tsifrovymi-dvoynikami/>.
11. KAMAZ Brake Systems LLC ensures the quality of its automotive components using the ASCON PLM solution. *ASCON* : [website]. (In Russ.) URL: <https://ascon.ru/news/2025/07/22/ooo-kamaz-tormoznye-sistemy-obespechivaet-kachestvo-avtokomponentov-ispolzuya-plm-reshenie-askon/>.
12. Managing production based on reliable data: experience of implementing the ASCON PLM+MES solution at JSC CTSS. *Ascon* : [website]. (In Russ.) URL: <https://ascon.ru/news/2025/05/20/upravlyat-proizvodstvom-na-osnove-dostovernyh-dannyh-opyt-vnedreniya-plm-mes-resheniya-askon-na-predpriyatii-ao-ctss/>.
13. Bobkov A. V. Sanctions Pressure: Opportunities and Potential of the Russian Economy. *Innovatsii i investitsii*. [Innovations and Investments]. 2019. № 4. Pp. 79–84. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sanktsionnoe-davlenie-vozmozhnosti-i-potentsial-rossiyskoy-ekonomiki>

*Статья поступила 30.10.2025*

*© Р. Р. Гайдай, 2025*

*Рецензент: М. М. Гуменюк, канд. экон. наук, доц.,  
Автомобильно-дорожный институт  
(филиал) ДонНТУ в г. Горловка*

***Р. Р. Гайдай***

#### **Стратегии перехода предприятий на российские системы автоматизированного проектирования**

В современных условиях использование иностранного инженерного программного обеспечения, в частности систем автоматизированного проектирования, для российских компаний сопряжено со значительными трудностями. В этой связи набирающий все более массовый характер переход на отечественное программное обеспечение, обязательный для некоторых категорий предприятий согласно приказу Министерства цифрового развития Российской Федерации (№ 21 от 18.01.2023 г.), должен носить стратегический характер. В зависимости от возможностей предприятий, специфики их деятельности и целей использования инженерного программного обеспечения, предложены четыре альтернативных стратегии перехода с зарубежных САПР на отечественные аналоги.

Стратегия перехода предприятий на российские системы автоматизированного проектирования может подразумевать постепенное или одномоментное внедрение российских программных продуктов, параллельное использование различных интеллектуальных систем (как отечественных, так и зарубежных), либо же использование их отдельных функций. В рамках реализации стратегии важно обеспечить возможности для взаимодействия с разработчиками отечественного программного обеспечения, что позволит сократить время на его освоение и связанные с этим расходы и снизить возможные риски. Успех принятой для реализации стратегии перехода предприятий на российские системы автоматизированного проектирования будет определяться особенностями ее реализации на различных производственных этапах за счет снижения количества ошибок и оптимизации бизнес-процессов.

**СТРАТЕГИЯ, СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, АНАЛОГ, ЗАТРАТЫ, РИСКИ, ЭФФЕКТ**

***R. R. Gaidai***

#### **Strategies of the Enterprise Transition to Russian Computer-Aided Design Systems**

In modern conditions, the use of foreign engineering software, in particular, computer-aided design systems, is associated with significant difficulties for Russian companies. In this regard, the increasingly widespread transition to domestic software, mandatory for some categories of enterprises according to the order of the Ministry of Digital Development of the Russian Federation (N 21 of 18.01.2023), should be of a strategic nature. Depending on the

capabilities of enterprises, the specifics of their activities and the purposes of using engineering software, four alternative strategies for the transition from foreign CAD to domestic analogues are proposed.

The strategy of the enterprise transition to Russian automated design systems may imply gradual or one-time implementation of Russian software products, parallel use of various intelligent systems (both domestic and foreign), or use of their individual functions. As part of the strategy's implementation, it is important to ensure opportunities for interaction with domestic software developers, which will reduce the time required to master it and associated costs, and mitigate potential risks. The success of the adopted strategy for the transition of enterprises to Russian automated design systems will be determined by the features of its implementation at various production stages due to the reduction of the number of errors and optimization of business processes.

STRATEGY, COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS, SOFTWARE, ANALOGUE, COSTS, RISKS, EFFECT

#### **Сведения об авторе:**

##### **Гайдай Родион Романович**

Студент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 7639-2451

Телефон: +7 918 912-97-75

Эл. почта: gaidairodionwork@mail.ru

#### **Author's Information:**

##### **Gaidai Rodion Romanovich**

Student of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russian Federation,

RSCI SPIN: 7639-2451

Phone: +7 918 912-97-75

Email: gaidairodionwork@mail.ru

УДК 004.056:654

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.20066647>**Н. В. Гуменюк, А. Д. Катунин****ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ РИСКА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СФЕРЕ (НА ПРИМЕРЕ ТЕЛЕКАНАЛА «БТВ»)**

*В связи с ростом частоты и сложности кибератак в телекоммуникационной сфере особую значимость приобретают вопросы оценки рисков информационной безопасности и разработки действенных механизмов их минимизации в условиях ограниченных финансовых и технических ресурсов. В ходе исследования на примере телеканала «БТВ» проведен анализ информационной инфраструктуры компании и предложена адаптивная гибридная модель оценки рисков, интеграция которой с ИТ-сервисами позволит создать проактивную среду безопасности работы канала.*

**Ключевые слова:** информационная безопасность, информационная инфраструктура, киберугроза, аудит информационной безопасности, риск, оценка уровня защищенности

**Для цитирования:** Гуменюк, Н. В. Исследование факторов риска информационной безопасности в телекоммуникационной сфере (на примере телеканала «БТВ») / Н. В. Гуменюк, А. Д. Катунин // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2025. – № 4(55). – С. 105–118. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20066647>.

**Постановка проблемы**

В условиях стремительной цифровизации и возрастающей зависимости телекоммуникационных компаний от информационных технологий обеспечение информационной безопасности (ИБ) становится критически важным аспектом их функционирования. Телекоммуникационный сектор, включая медиакомпании, относится к числу наиболее уязвимых для кибератак, поскольку сочетает в себе обработку конфиденциальных данных, трансляцию критически важного контента и необходимость обеспечения непрерывности вещания. Телеканал «БТВ», как ключевой медиаресурс города и региона, ежедневно сталкивается с серьезными вызовами: целевые атаки на инфраструктуру, риски утечек данных, попытки манипуляции контентом и нарушения доступности услуг. В связи с этим разработка специализированной модели оценки рисков ИБ является актуальной задачей оптимизации информационной инфраструктуры телеканала и создания проактивной среды его безопасной работы.

**Анализ последних исследований и публикаций**

Значительный вклад в развитие подходов в обеспечении кибербезопасности и методологий оценки рисков ИБ внесли работы А. Н. Басканова [1], Б. М. Ильясов [2], Я. Н. Гусеницы [3], В. А. Докучаева [4], А. Р. Ерболулы [5], М. В. Иониной [6], Ю. А. Капустиной [7], Н. И. Козыревой [8], Р. В. Мещерякова [9], Д. А. Рыленкова [10], Е. А. Савельевой [11], Р. Б. Сеналиева [12], В. А. Черепенина [13] и др., а также исследования в области адаптации международных стандартов по защите информации к национальным условиям [14, 15, 16].

Тем не менее, вопросы интеграции этих подходов в контекст телекоммуникационных компаний, особенно в медиасекторе, остаются малоизученными. Недостаточно разработаны методы количественной оценки рисков, связанных с компрометацией контента или DDoS-атаками на инфраструктуру вещания, а также инструменты прогнозирования угроз с учетом региональной специфики.

**Целью исследования** является анализ действующей информационной инфраструктуры телеканала «БТВ», выявление основных источников риска кибербезопасности и разработка адаптивной гибридной модели их оценки.

### Основные результаты исследования

Информационная безопасность в телекоммуникационной отрасли представляет собой комплекс мер, направленных на защиту конфиденциальности, целостности и доступности данных, передаваемых через сети связи. Особенность телекоммуникаций заключается в их критической роли в обеспечении функционирования общества, что делает их приоритетной мишенью для кибератак [11].

Эффективное управление рисками в телекоммуникационной отрасли требует комплексного и динамичного подхода. Это достигается за счет гибкого сочетания и постоянной адаптации существующих методологий к стремительно развивающимся технологическим инновациям, включая искусственный интеллект, квантовые вычисления и повсеместное внедрение IoT и 5G. Только такой интегрированный подход позволяет сформировать устойчивую и адаптивную экосистему безопасности, способную не только оперативно реагировать на текущие, но и прогнозировать и парировать будущие эволюционирующие киберугрозы в условиях непрерывной цифровой трансформации отрасли [5, 6].

Информационная инфраструктура телеканала «6ТВ» представляет собой комплекс технических, программных и организационных компонентов, обеспечивающих производство, хранение, обработку и трансляцию медиаконтента (таблица 1). Ее структура формируется с учетом специфики деятельности телеканала, включая вещание в условиях повышенных рисков, связанных с геополитической обстановкой в Донецкой Народной Республике.

Таблица 1 – Направления деятельности телеканала «6ТВ»

Направление	Описание	Технологии/ресурсы
Производство контента	Создание новостных, аналитических и развлекательных программ	HD-камеры, монтажные станции, студийное оборудование
Трансляция	Эфирное вещание на метровых (183,25 МГц) и дециметровых (583,2 МГц) частотах	Передатчики, антенны, резервные генераторы
Распространение	Подключение к сетям кабельных операторов, планирование цифрового вещания	FTP-каналы, интеграция с DVB-T2

Указанные оборудование и технологии позволяют реализовать полный цикл управления медиаконтентом, при этом обеспечивая достаточно высокий уровень защиты информации. В таких условиях сетевая инфраструктура включает следующие компоненты:

- локальная сеть (Local Area Network, LAN) с выделенными серверами для управления контентом;
- шлюзы с доступом в интернет через защищенные VPN-каналы для удаленных корреспондентов;
- отдельный сегмент сети для взаимодействия с кабельными операторами.

Программные решения для реализации задач телеканала разделены на управление контентом, обработку видео и защиту данных (таблица 2).

Таблица 2 – Программное обеспечение телеканала «6ТВ»

Тип ПО	Примеры	Функционал
Управление контентом	CMS «Эфир-ПРО», Avid MediaCentral	Планирование эфира, интеграция новостных лент
Обработка видео	Adobe Premiere Pro, DaVinci Resolve	Монтаж, цветокоррекция, добавление графики
Защитные системы	Kaspersky Endpoint Security, Cisco Firewall	Блокировка угроз, мониторинг сетевой активности

Взаимодействие с внешними системами телеканала «6ТВ» представлено двумя

направлениями: FTP-каналы для взаимодействия с кабельными операторами (шифрование PGP) и API, поддерживающие работу ВКонтакте, Telegram (ограниченные токены доступа).

Особенность работы телеканала заключается в постоянной работе с данными и информационными ресурсами. Это прежде всего медиаконтент, представленный архивными записями (более 20 тыс. часов), текущими проектами. Кроме того риску всегда подвержены персональные данные сотрудников и контрагентов, финансовая и юридическая документация. В компании обеспечиваются правила безопасного хранения и передачи информации на основном и на локальных серверах с ежедневным резервным копированием в облако (Yandex Cloud), шифрование данных при передаче по протоколам SSL/TLS.

Относительно наличия персонала и управления доступом следует отметить, что структура IT-отдела включает 10 сотрудников, включая администраторов сети, инженеров техподдержки и специалистов по кибербезопасности. Сотрудники проходят регулярные тренинги по основам информационной безопасности для журналистов и технического персонала. Для управление правами поддерживается ролевая модель доступа (на основе Active Directory), двухфакторная аутентификация для критических систем [4].

Таким образом, информационная инфраструктура «бТВ» ориентирована на обеспечение устойчивого вещания в условиях внешних угроз. Однако рост масштабов деятельности и планы по цифровизации требуют усиления мер защиты данных, модернизации сетевой архитектуры и повышения киберграмотности персонала.

В ходе исследования был проведен аудит информационной безопасности телеканала «бТВ» и проанализированы риски, связанные с функционированием информационной инфраструктуры в условиях повышенных внешних и внутренних угроз. Основной целью стало выявление критически важных активов, оценка их уязвимостей и определение вероятности реализации угроз, способных нанести ущерб репутации, финансовым показателям или непрерывности вещания. Методология аудита базировалась на стандарте ISO/IEC 27005:2022 [14], с акцентом на качественную оценку рисков через интервью с сотрудниками, анализ журналов событий и моделирование атак [12].

Ключевые активы телеканала были классифицированы по категориям с присвоением уровня критичности (таблица 3). Критичность определялась по шкале от 1 (низкая) до 5 (катастрофическая) на основе потенциального ущерба при компрометации.

Таблица 3 – Классификация активов и их критичность

Категория актива	Примеры	Критичность	Обоснование
Оборудование	Передачики, NAS-серверы, HD-камеры	5	Остановка вещания приведет к потере аудитории и нарушению госзаданий
Данные	Архивы эфиров (20+ тыс. часов)	4	Утечка архива может быть использована для пропаганды противниками
Программное обеспечение	CMS «Эфир-ПРО», системы монтажа	4	Сбои в ПО парализуют производство контента
Персонал	Журналисты, IT-специалисты	3	Внутренние ошибки или умышленные действия сотрудников – частый вектор атак
Репутация	Бренд «бТВ»	5	Компрометация доверия аудитории необратимо снизит влияние канала

В ходе аудита выявлено 27 угроз, 12 из которых были признаны высокоприоритетными. Основные источники угроз можно разделить на внешние и внутренние. К внешним отнесены кибератаки со стороны враждебных государств, DDoS-атаки на серверы, взлом аккаунтов в соцсетях. Внутренние угрозы состоят в утечке данных через сотрудников, ошибках в настройке сетевого оборудования, недостаточном и несвоевременном обновлении программного обеспечения. Наиболее значимые уязвимости представлены в таблице 4, где риск

расчитывается путем умножения вероятности наступления рискованной ситуации на уровень возможного воздействия в случае ее наступления. Вероятность оценивается по шкале от 1 до 5 (1 – крайне маловероятно, 5 – неизбежно), воздействие – по шкале от 1 до 5 (1 – минимальный ущерб, 5 – катастрофический) [14].

Таблица 4 – Оценка угроз и уязвимостей телеканала 6ТВ

Угроза	Уязвимость	Вероятность	Воздействие	Риск
Взлом CMS «Эфир-ПРО»	Отсутствие обновлений безопасности	4	5	20
Утечка архивных записей	Слабые настройки шифрования в облаке	3	5	15
DDoS-атака на передатчики	Недостаточная пропускная способность LAN	2	4	8
Фишинговая атака на сотрудников	Низкий уровень киберграмотности	4	3	12

Проанализируем наиболее вероятные угрозы информационной безопасности телеканала 6ТВ.

1. Взлом CMS «Эфир-ПРО». Система управления контентом не обновлялась с 2021 года, что делает ее уязвимой для эксплойтов. При успешной атаке злоумышленники могут изменить расписание эфиров, вставить ложный контент или удалить архивы. Ущерб включает потерю доверия аудитории и штрафы со стороны регуляторов ДНР (примерная оценка ущерба 15 млн руб.). Вероятность высока из-за частоты целенаправленных атак на медиаресурсы Донецкой Народной Республики.

2. Утечка архивных записей. Архивы хранятся в облаке Yandex Cloud с использованием устаревшего протокола шифрования AES-128. При компрометации ключей злоумышленники получают доступ к материалам, включая репортажи с передовой [11]. Это может привести к их использованию в пропагандистских целях противниками ДНР. Стоимость потенциального репутационного ущерба оценивается в 25 млн руб., исходя из аналогичных кейсов в 2023 году.

3. DDoS-атака на передатчики. Пропускная способность локальной сети в 1 Гбит/с недостаточна для отражения масштабных DDoS-атак. Остановка вещания на 1 час приведет к потере 40 % рекламного дохода (примерно 500 тыс. руб.) и нарушению условий контрактов с кабельными операторами [1, 2, 8].

4. Фишинговая атака на сотрудников. Тестирование методом рассылки поддельных писем выявило, что 35 % сотрудников переходят по фишинговым ссылкам. Это создает риски компрометации учетных записей Active Directory и доступа к монтажным станциям.

Для визуализации взаимосвязей построена матрица «актив-угроза» (таблица 5). Каждая ячейка содержит уровень риска и возможные последствия при наступлении угрозы.

Таблица 5 – Матрица корреляции активов и угроз

Актив	Взлом CMS	Утечка архивов	DDoS	Фишинг
Оборудование	–	–	Прекращение вещания	–
Архивы эфиров	Удаление данных	Утечка контента	–	–
Персонал	–	–	–	Компрометация учетных записей
Репутация	Падение доверия	Пропаганда противника	Потеря рекламы	Утечка внутренней информации

Аудит выявил, что наибольшие риски связаны с устаревшим программным обеспечением (CMS-системы, системы шифрования) и низкой киберграмотностью персонала. Уровень защищенности инфраструктуры оценивается как удовлетворительный, но недостаточный для противодействия целевым атакам. Ключевыми инициативами для улучшения должны стать:

- внедрение SIEM-системы для мониторинга угроз в реальном времени;
- переход на AES-256 для шифрования облачных архивов;
- проведение обязательных тренингов по кибербезопасности для всех сотрудников [8].

Для оценки уровня защищенности информационной инфраструктуры телеканала «бТВ» использовался метод сопоставления текущих мер безопасности с требованиями международных и отраслевых стандартов, включая ГОСТ Р ИСО/МЭК 27000-2021 [15], а также рекомендации Комитета по информационной и правовой безопасности [16].

Критерии оценки разделены на 4 домена: управление доступом, защита данных, инцидент-менеджмент, физическая безопасность. Уровень защищенности для каждого критерия определен посредством расчета индекса соответствия путем нахождения отношения количества выполненных требований к общему их количеству.

Таблица 6 – Сводная оценка соответствия информационных систем стандартам

Домен	Выполнено требований	Общее количество	Индекс соответствия	Комментарии
Управление доступом	12 из 15	15	80 %	Отсутствует сегментация сети для гостевого доступа
Защита данных	8 из 12	12	67 %	Шифрование архивов в облаке не соответствует AES-256
Инцидент-менеджмент	5 из 10	10	50 %	Нет автоматизированной системы оповещения об атаках
Физическая безопасность	10 из 10	10	100 %	Оборудование защищено резервными генераторами и СКУД
Итого	35 из 47	47	74 %	Минимальный допустимый уровень – 85 %

В ходе анализа, были выявлены существенные недостатки в технической защите информационной инфраструктуры по следующим направлениям:

- шифрование данных: только 45 % критических данных (архивы, финансовая информация) зашифрованы по стандарту AES-256. Остальные 55 % используют устаревший протокол AES-128. Риск компрометации таких данных оценен как высокий (вероятность – 4/5, воздействие – 5/5);

- сетевая безопасность: межсетевой экран (Cisco Firewall) настроен с нарушением принципа минимальных привилегий: открыты порты 21 (FTP) и 3389 (RDP) для всех пользователей LAN. Это создает угрозу несанкционированного доступа (риск – 18 по шкале 1–25);

- резервное копирование: резервирование данных выполняется ежедневно, но тесты восстановления проводятся раз в квартал, что противоречит стандарту (требуется ежемесячно). Вероятность потери данных при сбое – 30 %.

Полученные данные позволили оценить зрелость основных бизнес-процессов обеспечения информационной безопасности телеканала «бТВ» (таблица 7).

Таблица 7 – Оценка зрелости процессов

Процесс	Уровень зрелости (1–5)	Пробелы
Управление паролями	3	Отсутствует автоматическая смена паролей каждые 90 дней
Обучение сотрудников	2	Только 40 % персонала прошли тренинги по кибербезопасности
Аудит безопасности	3	Проверки выполняются раз в год, а не ежеквартально

На основе результатов проведенного исследования информационной безопасности рассчитаем интегральный показатель защищенности (*ИПЗ*) по следующей формуле:

$$ИПЗ = 0,4 \cdot ИС + 0,3 \cdot \text{Зрелость процессов} + 0,3 \cdot \text{Техническая оценка}, \quad (1)$$

где *ИС* – сводная оценка соответствия информационных систем стандартам, для телеканала «бТВ» составляет 74 % (согласно таблицы 6);

зрелость процессов рассчитана исходя из данных таблицы 7 (для телеканала «бТВ»), как среднее значение и составила 2,7 (в переводе в проценты:  $(2,7/5) \cdot 100 \% = 54 \%$ );

техническая оценка, проведенная на основе проверки шифрования, сетевой безопасности и резервного копирования составила 65 %.

Следовательно, интегральный показатель защищенности ИТ-инфраструктуры составит:

$$ИПЗ = 0,4 \cdot 74 + 0,3 \cdot 54 + 0,3 \cdot 65 = 65,3 \ \%.$$

Таким образом, общий уровень защищенности инфраструктуры «бТВ» составляет 65,3 % при минимально допустимом значении 75 %, что свидетельствует о необходимости усиления мер защиты информации и обеспечения кибербезопасности.

Телеканал «бТВ» демонстрирует достаточный уровень физической защиты и базовой настройки сетевых компонентов, но критически отстает в области шифрования, управления инцидентами и соответствия современным стандартам.

В ИТ-инфраструктуре телеканала «бТВ» наблюдается парадоксальный дисбаланс: при образцовой физической защите и резервировании вещания, канал крайне уязвим к цифровым угрозам. Ключевая проблема заключается в отсутствии pro-active подхода к ИБ. Без немедленного внедрения предложенных мер риски компрометации эфира или хищения архивов в 2026 году возрастут на 70 % из-за эскалации кибератак в регионе. Реализация плана модернизации не только поднимет уровень защищенности до 85 %, но и сократит потенциальные убытки на 28 млн руб. в год.

Разработка модели оценки рисков информационной безопасности для телекоммуникационных компаний, таких как телеканал «бТВ», требует комбинированного подхода, объединяющего количественные и качественные методы [6, 8, 9, 10]. Это обусловлено спецификой отрасли, где риски включают как технические уязвимости (например, DDoS-атаки), так и субъективные факторы. Предлагаемая адаптивная гибридная модель оценки рисков ИБ для телекоммуникационных медиакомпаний представлена на рисунке 1.

Гибкость и адаптивность представленной модели заключается в том, что она должна учитывать динамику угроз, характерную для телекоммуникационного сектора. Например, для телеканала «бТВ» критически важно оперативно пересматривать риски в условиях эскалации военных действий. Для этого вводятся весовые коэффициенты для угроз, которые корректируются на основе данных мониторинга (например, увеличение веса DDoS-атак на 30 % в период обострения конфликта).

Для телеканала «бТВ» внедрение такой модели станет основой для перехода от реактивного к проактивному управлению безопасностью.

Алгоритм оценки рисков информационной безопасности для телекоммуникационных компаний (рисунок 2), таких как телеканал «бТВ», представляет собой последовательность шагов, направленных на систематическое выявление угроз, оценку их влияния и определение приоритетов для минимизации ущерба. Алгоритм сочетает методы качественного и количественного анализа, что позволяет учесть как объективные метрики (вероятность, финансовые потери), так и субъективные факторы (репутационные риски, экспертные оценки) [3, 7].

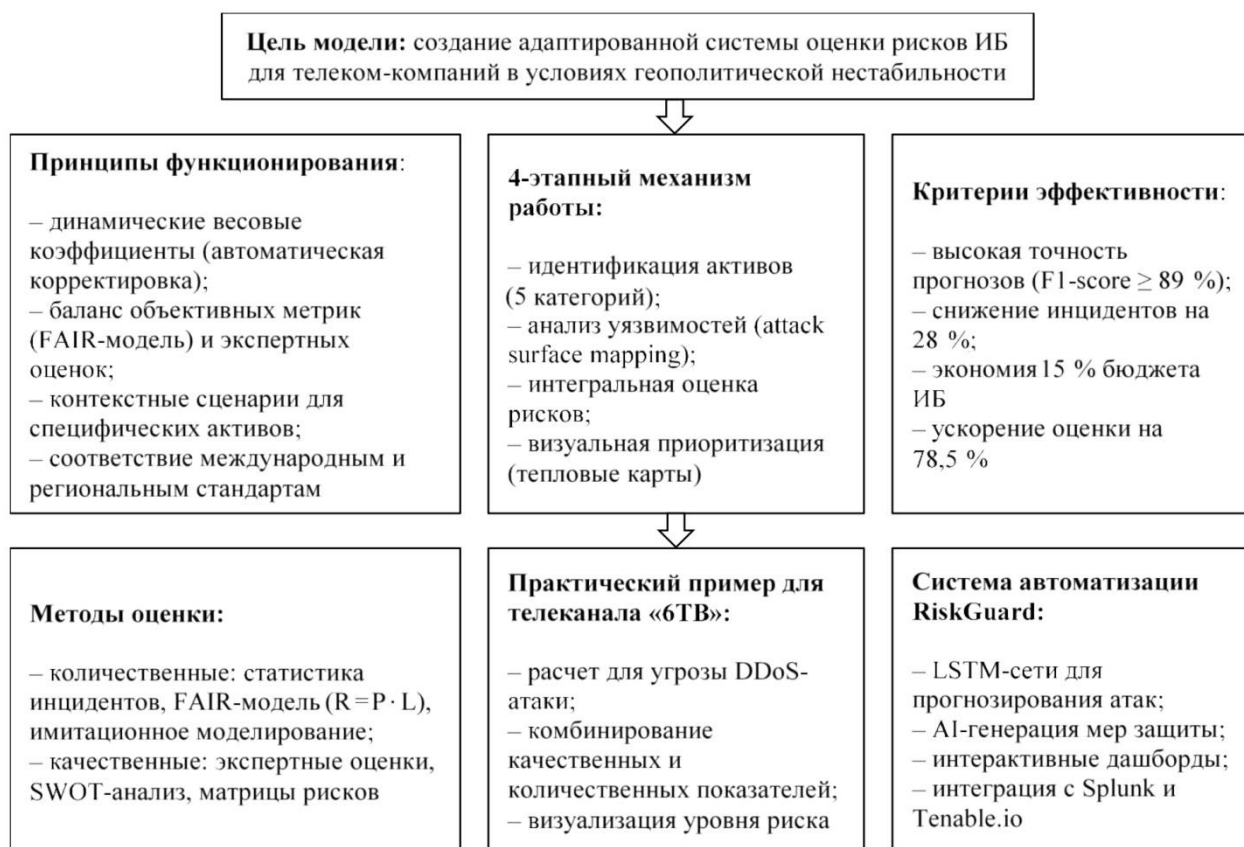


Рисунок 1 – Адаптивная гибридная модель оценки рисков ИБ для телекоммуникационных медиакомпаний

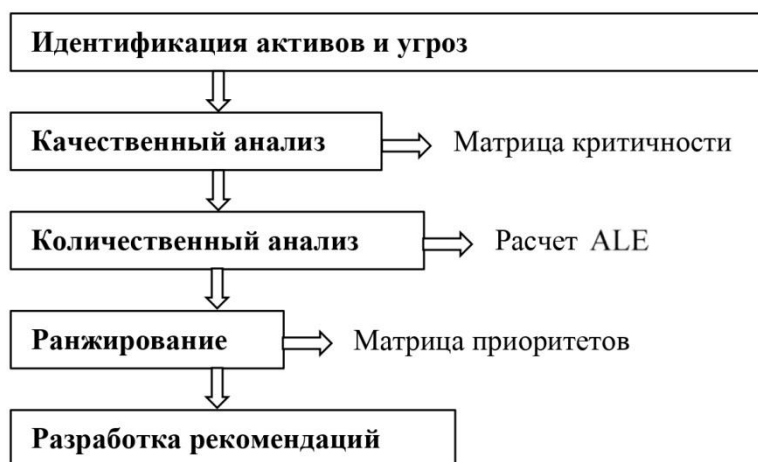


Рисунок 2 – Схема алгоритма оценки рисков

Предложенный алгоритм, реализованный в системе Risk Analytics, позволяет телекоммуникационным компаниям, таким как «БТВ», системно управлять рисками, минимизируя как финансовые потери, так и репутационные угрозы. Интеграция качественных и количественных методов обеспечивает гибкость и точность оценки, что особенно важно в условиях нестабильной геополитической обстановки.

Алгоритм оценки рисков позволяет не только автоматизировать расчеты, но и прогнозировать угрозы, минимизируя финансовые и репутационные потери. Интеграция моделей машинного обучения, блокчейна и VR-технологий делает систему уникальным решением для телекоммуникационного сектора [9, 13].

Рассмотрим возможный комплекс рекомендаций для телеканала «бТВ», согласно идентифицированных ранее рисков:

- с целью предотвращения утечки данных рекомендуется внедрить шифрование AES-256 для облачных архивов; предполагаемая стоимость составит 1,2 млн руб., что приведет к снижению ожидаемых финансовых потерь (Annual Loss Expectancy, ALE) в 17,5 раз и позволит сэкономить 5 млн руб./год;

- во избежание повреждения архивов предлагается внедрить ежедневное резервное копирование на два независимых носителя стоимостью 0,5 млн руб., что позволит снизить ALE в 3,0 раза с экономией в 0,5 млн руб./год;

- для блокирования DDoS-атак – увеличить пропускную способность каналов до 10 Гбит/с., стоимость составляет 3 млн руб., что приведет к снижению ALE по данному риску в 2,5 и позволит избежать убытков на 0,8 млн руб./год.

Внедрение модели оценки рисков информационной безопасности требует не только методологической проработки, но и применения специализированного программного обеспечения, способного автоматизировать ключевые этапы процесса: от идентификации активов до генерации отчетов [9, 13]. Для телекоммуникационных компаний, таких как телеканал «бТВ», использование инструментов RiskWatch и Tenable.io позволяет сократить время анализа, минимизировать человеческие ошибки и обеспечить непрерывный мониторинг угроз. Эти платформы дополняют друг друга: RiskWatch фокусируется на управлении рисками и соответствии стандартам, а Tenable.io специализируется на сканировании уязвимостей в сетевой инфраструктуре.

Использование RiskWatch и Tenable.io в рамках модели оценки рисков информационной безопасности обеспечивает телекоммуникационные компании следующими преимуществами:

- скорость за счет автоматизации рутинных операций;
- точность благодаря минимизации субъективных ошибок за счет алгоритмических расчетов;
- масштабируемость – возможность адаптации под растущую инфраструктуру.

Соответственно, в работе предложена архитектура системы RiskShield на основе использования инструментария RiskWatch и Tenable.io (рисунок 3). Для телеканала «бТВ» интеграция этих инструментов является ключевым шагом в переходе от реактивного к проактивному управлению рисками.

Дальнейшее развитие модели предполагает внедрение SIEM-систем для корреляции данных в реальном времени и машинного обучения для прогнозирования угроз.

Инструментальная реализация в виде системы RiskShield демонстрирует, что интеграция AI, блокчейна и IoT позволяет не только автоматизировать оценку рисков, но и создать проактивную среду безопасности. Ключевые преимущества заключаются в увеличении скорости обработки данных в реальном времени, повышении надежности за счет блокчейн-аудита, который исключает человеческий фактор, а также обеспечении адаптивности, так как модели машинного обучения самообучаются на новых угрозах.

Внедрение разработанной модели оценки рисков в систему управления информационной безопасностью телеканала «бТВ» должно осуществляться с учетом специфики медиаиндустрии и требований законодательства России. Процедура включает адаптацию методологии к существующим процессам, интеграцию с ИТ-инфраструктурой, обучение персонала и мониторинг результатов. Основная цель такого подхода заключается в обеспечении плавного перехода от теоретической модели к практическому применению без остановки операционной деятельности.

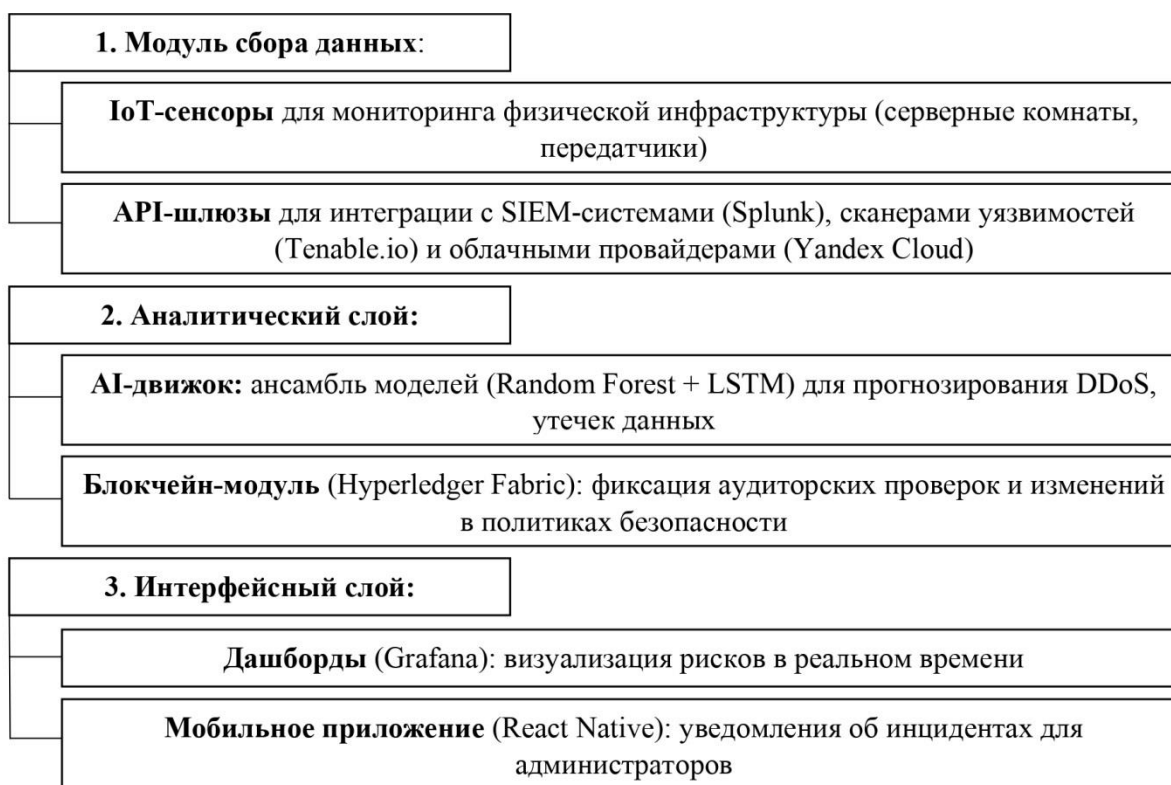


Рисунок 3 – Архитектура системы RiskShield

### Выводы

Таким образом, на основе проведенного анализа ИТ-инфраструктуры канала «бТВ» выявлены и позиционированы основные типы угроз информационной безопасности компании, которые позволили сформировать требования к разработке модели оценки рисков. Использование предлагаемой в работе адаптивной гибридной модели оценки рисков позволит телеканалу «бТВ» достичь значительного снижения операционных и финансовых потерь. Интеграция машинного обучения, блокчейна и современных методов визуализации обеспечит не только автоматизацию процессов, но и проактивное управление угрозами. Предложенные рекомендации позволят телеканалу «бТВ» достичь уровня зрелости информационной безопасности согласно стандарту ISO 27001 до 98 % и сократить операционные риски на 60 %.

Ключевой особенностью предложенной модели является создание адаптивной системы, сочетающей передовые технологии работы ИТ-сервисов с учетом региональной специфики Донбасса.

Перспективы развития модели связаны с её способностью эволюционировать вместе с ландшафтом угроз. Интеграция машинного обучения для прогнозирования атак на основе данных IoT-датчиков и метаданных сетевого трафика открывает путь к созданию самообучающихся систем безопасности. Кроме того, сформулированные принципы предложенной модели применимы и в других регионах с аналогичными вызовами – от энергетической инфраструктуры до государственных СМИ, где обеспечение непрерывности услуг является вопросом национальной безопасности.

*Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.*

### Список литературы

1. Басканов, А. Н. Способы противодействия и средства раннего выявления DDoS-атак / А. Н. Басканов. – Текст: электронный // Экономика и качество систем связи. – 2019. – № 3. – С. 68–76. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-protivodeystviya-i-sredstva-rannego-vyyavleniya-ddos-atak> (дата обращения: 27.10.2025).

2. Ильясов, Б. М. Исследование модели защиты от DDOS атак / Б. М. Ильясов, Ж. М. Алимжанова. – Текст: электронный // Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. – 2024. – № 2(14). – С. 16–25. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-modeli-zaschity-ot-ddos-atak> (дата обращения: 28.10.2025).
3. Гусеница, Я. Н. Методика выбора оптимального средства защиты информации для объекта вычислительной техники при ограничениях на вычислительные ресурсы / Я. Н. Гусеница, А. А. Тимонов, А. А. Чикирев. – Текст: электронный // Техника средств связи. – 2025. – № 3(171). – С. 57–66. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-vybora-optimalnogo-sredstva-zaschity-informatsii-dlya-obekta-vychislitelnoy-tehniki-pri-ogranicheniyah-na-vychislitelnye> (дата обращения: 29.10.2025).
4. Анализ уязвимостей и рисков традиционных парольных систем в контексте корпоративных распределенных систем и критически важных инфраструктур / В. А. Докучаев, С. С. Мытенков, Д. Д. Рахмани, И. А. Сафонов. – Текст: электронный // Экономика и качество систем связи. – 2025. – № 2. – С. 135–147. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-uyazvimostey-i-riskov-traditsionnyh-parolnyh-sistem-v-kontekste-korporativnyh-raspredelennyh-sistem-i-kriticheski-vazhnyh> (дата обращения: 30.10.2025).
5. Ерболулы, А. Р. Обеспечение безопасного завтра: выводы из анализа ведущих кибератак и их влияния на защиту информации / А. Р. Ерболулы, К. Б. Тусупова. – Текст: электронный // Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. – 2024. – № 3(15). – С. 5–14. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-bezopasnogo-zavtra-vyvody-iz-analiza-veduschih-kiberatak-i-ih-vliyanija-na-zaschitu-informatsii> (дата обращения: 31.10.2025).
6. Ионина, М. В. Анализ подходов к обеспечению информационной безопасности компании / М. В. Ионина. – Текст: электронный // БИТ. – 2024. – Т. 8, № 1(29). – С. 48–53. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-podhodov-k-obespecheniyu-informatsionnoy-bezopasnosti-kompanii> (дата обращения: 03.11.2025).
7. Капустина, Ю. А. Кибербезопасность информационной инфраструктуры в условиях квантового превосходства / Ю. А. Капустина, Г. В. Федотова. – Текст: электронный // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 3: Общественные науки. – 2025. – Т. 40, Вып 3. – С. 7–18. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kiberbezopasnost-informatsionnoy-infrastruktury-v-usloviyah-quantovogo-prevoshodstva> (дата обращения: 04.11.2025).
8. Современные методы предотвращения DDoS-атак и защиты веб-серверов / Н. И. Козырева, М. О. Мухтулов, С. А. Ершов [и др.]. – Текст: электронный // Программные системы и вычислительные методы. – 2025. – № 2. – С. 190–203. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-metody-predotvrasheniya-ddos-atak-i-zaschity-veb-serverov> (дата обращения: 05.11.2025).
9. Перспективные направления применения технологий искусственного интеллекта при защите информации / Р. В. Мещеряков, С. Ю. Мельников, В. А. Пересыпкин, А. А. Хорев. – Текст: электронный // Вопросы кибербезопасности. – 2024. – № 4(62). – С. 2–12. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnyye-napravleniya-primeneniya-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-pri-zaschite-informatsii> (дата обращения: 06.11.2025).
10. Рыленков, Д. А. Алгоритм ранжирования угроз информационной безопасности на основе метода анализа иерархий / Д. А. Рыленков. – Текст: электронный // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 8. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algorithm-ranzhirovaniya-ugroz-informatsionnoy-bezopasnosti-na-osnove-metoda-analiza-ierarhiy> (дата обращения: 07.11.2025).
11. Савельева, Е. А. Тенденции киберпреступности: анализ отчетов о происшествиях и ущербе / Е. А. Савельева. – Текст: электронный // Экономика и парадигма нового времени. – 2025. – № 5. – С. 20–26. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-kiberprestupnosti-analiz-otchetov-o-proisshestviyah-i-uscherbe> (дата обращения: 10.11.2025).
12. Сеналиев, Р. Б. Оценка рисков и управление безопасностью в информационных системах критической инфраструктуры / Р. Б. Сеналиев, В. Г. Яриков. – Текст: электронный // НБИ технологии. – 2024. – Т. 18, № 2. – С. 40–46. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-riskov-i-upravlenie-bezopasnostyu-v-informatsionnyh-sistemah-kriticheskoy-infrastruktury> (дата обращения: 11.11.2025).
13. Интеграция облачных, туманных и граничных вычислений: перспективы и вызовы цифровой трансформации / В. А. Черепенин, И. Е. Глазырин, Д. А. Лесников, С. П. Воробьев. – Текст: электронный // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-oblachnyh-tumannyyh-i-granichnyh-vychisleniy-perspektivy-i-vyzovy-tsifrovoy-transformatsii> (дата обращения: 12.11.2025).
14. ISO/IEC 27005:2022 – Information security, cybersecurity and privacy protection – Guidance on managing information security risks : Publication date 2022-10. – Edition 4. – 62 p. – URL: <https://www.iso.org/standard/80585.html> (дата обращения: 13.11.2025). – Текст: электронный.
15. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27000-2021. Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Общий обзор и терминология : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 мая 2021 г. № 392-ст : взамен ГОСТ Р ИСО/МЭК 27000-2012 : дата введения 30 ноября 2021 г. / подготовлен Федеральным государственным учреждением «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, Обществом с ограниченной ответственностью «Информационно-аналитический вычислительный центр» и Акционерным обществом «Эксперт» на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 22 с.

16. Комитета по информационной и правовой безопасности : [официальный сайт]. – URL: <https://nc-ib.ru/> (дата обращения: 14.11.2025). – Текст : электронный.

### References

1. Baskanov A. N. Methods of Counteracting and Means of Early Detection of DDoS Attacks. *Ehkonomika i kachestvo sistem svyazi* [Economics and Quality of Communication Systems]. 2019. № 3. Pp. 68–76. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-protivodeystviya-i-sredstva-rannego-vyyavleniya-ddos-atak>
2. Ilyasov B. M. Research of the Protection Model against DDOS Attacks. B. M. Ilyasov, Zh. M. Alimzhanova. *Vestnik Universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki* [Shakarim University Bulletin. Technical Sciences Series]. 2024. № 2(14). Pp. 16–25. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-modeli-zaschity-ot-ddos-atak>
3. Gusenitsa Ya. N. Methodology for Selecting the Optimal Information Protection Means for a Computing Equipment Object under Constraints on Computing Resources. Ya. N. Gusenitsa, A. A. Timonov, A. A. Chikirev. *Tekhnika sredstv svyazi* [Means of Communication Equipment]. 2025. № 3(171). Pp. 57–66. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-vybora-optimalnogo-sredstva-zaschity-informatsii-dlya-obekta-vychislitelnoy-tehniki-pri-ogranicheniyah-na-vychislitelnye>
4. Analysis of Vulnerabilities and Risks of Traditional Password Systems in the Context of Corporate Distributed Systems and Critical Infrastructures. V. A. Dokuchaev, S. S. Mytenkov, D. D. Rakhmani, I. A. Safonov. *Ehkonomika i kachestvo sistem svyazi* [Economics and Quality of Communication Systems]. 2025. № 2. Pp. 135–147. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-uyazvimostey-i-riskov-traditsionnyh-parolnyh-sistem-v-kontekste-korporativnyh-raspredelennyh-sistem-i-kriticheski-vazhnyh>
5. Yerboluly A. R. Ensuring a Safe Tomorrow: Conclusions from the Analysis of Leading Cyberattacks and Their Impact on Information Security. A. R. Yerboluly, K. B. Tusupova. *Vestnik Universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki* [Shakarim University Bulletin. Technical Sciences Series]. 2024. № 3(15). Pp. 5–14. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-bezopasnogo-zavtra-vyvody-iz-analiza-veduschih-kiberatak-i-ih-vliyaniya-na-zaschitu-informatsii>
6. Ionina M. V. Analysis of Approaches to Ensuring Company Information Security. *BIT. [BIT]*. 2024. Vol. 8, № 1(29). Pp. 48–53. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-podhodov-k-obespecheniyu-informatsionnoy-bezopasnosti-kompanii>
7. Kapustina Yu. A. Information Infrastructure Cybersecurity under Quantum Superiority. Yu. A. Kapustina, G. V. Fedotova. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Obshchestvennye nauki*. [Bulletin of Dagestan State University. Series 3: Social Sciences]. 2025. Vol. 40, Issue 3. Pp. 7–18. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kiberbezopasnost-informatsionnoy-infrastruktury-v-usloviyah-quantovogo-prevoshodstva>
8. Modern Methods of Preventing DDoS Attacks and Protecting Web Servers. N. I. Kozyreva, M. O. Mukhtulov, S. A. Ershov [et al.]. *Programmnye sistemy i vychislitelnye metody* [Software Systems and Computational Methods]. 2025. № 2. Pp. 190–203. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-predotvrashcheniya-ddos-atak-i-zaschity-veb-serverov>
9. Promising Applications of Artificial Intelligence Technologies in Information Security. R. V. Meshcheryakov, S. Yu. Melnikov, V. A. Peresypkin, A. A. Khorev. *Voprosy kiberbezopasnosti. [Cybersecurity Issues]*. 2024. № 4(62). Pp. 2–12. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-napravleniya-primeneniya-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-pri-zaschite-informatsii>
10. Rylenkov D. A. Algorithm for Ranking Information Security Threats Based on the Analytic Hierarchy Process. *Inzhenernyi vestnik Dona. [Engineering Herald of the Don]*. 2024. № 8. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algorithm-ranzhirovaniya-ugroz-informatsionnoy-bezopasnosti-na-osnove-metoda-analiza-ierarhiy>
11. Savelyeva E. A. Cybercrime Trends: Analysis of Incident and Damage Reports. *Ehkonomika i paradigma novogo vremeni. [Economics and the New Time Paradigm]*. 2025. № 5. Pp. 20–26. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-kiberprestupnosti-analiz-otchetov-o-proisshestviyah-i-uscherbe>
12. Senaliev R. B., Risk Assessment and Security Management in Critical Infrastructure Information Systems. R. B. Senaliev, V. G. Yarikov. *NBI tekhnologii. [NBI Technologies]*. 2024. Vol. 18, № 2. Pp. 40–46. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-riskov-i-upravlenie-bezopasnostyu-v-informatsionnyh-sistemah-kriticheskoy-infrastruktury>
13. Integration of Cloud, Fog, and Edge Computing: Prospects and Challenges of Digital Transformation. V. A. Cherepenin, I. E. Glazyrin, D. A. Lesnikov, S. P. Vorobyov. *Inzhenernyi vestnik Dona. [Engineering Herald of the Don]*. 2025. № 2. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-oblachnyh-tumannyyh-i-granichnyh-vychisleniy-perspektivy-i-vyzovy-tsifrovoy-transformatsii>
14. ISO/IEC 27005:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection. Guidance on managing information security risks : Publication date 2022-10. Edition 4. 62 p. (In Eng.) URL: <https://www.iso.org/standard/80585.html>

15. GOST R ISO/IEC 27000-2021. Information technology. Security methods and tools. Information security management systems. General overview and terminology : National Standard of the Russian Federation : official edition : approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated May 19, 2021 No. 392-st : replaces GOST R ISO/IEC 27000-2012 : date of introduction November 30, 2021; prepared by the Federal State Institution "Federal Research Center "Informatics and Control" of the Russian Academy of Sciences, the Limited Liability Company "Information and Analytical Computing Center" and the Joint-Stock Company "Expert" based on their own translation into Russian of the English-language version of the standard specified in paragraph 4. Moscow : Standartinform, 2021. 22 p. (In Russ.)
16. Committee on Information and Legal Security : [official website]. (In Russ.) URL: <https://nc-ib.ru/>

*Статья поступила 17.11.2025*

*© Н. В. Гуменюк, А. Д. Катунин, 2025*

*Рецензент: В. Л. Николаенко, канд. техн. наук, доц.,  
Автомобильно-дорожный институт  
(филиал) ДонНТУ в г. Горловка*

***Н. В. Гуменюк, А. Д. Катунин***

**Исследование факторов риска информационной безопасности  
в телекоммуникационной сфере (на примере телеканала «БТВ»)**

В условиях повсеместной цифровизации и возрастающей зависимости телекоммуникационных компаний от информационных технологий обеспечение информационной безопасности становится критически важным аспектом их функционирования. Телекоммуникационный сектор, включая медиакомпании, относится к числу наиболее уязвимых для кибератак, поскольку сочетает в себе обработку конфиденциальных данных, трансляцию критически важного контента и необходимость обеспечения непрерывности вещания. В связи с этим разработка специализированной модели оценки рисков информационной безопасности является актуальной задачей оптимизации информационной инфраструктуры телеканала и создания проактивной среды для его безопасной работы.

В ходе проведенного исследования проанализированы труды авторитетных ученых, отечественные и международные стандарты в области обеспечения информационной безопасности, которые стали фундаментом разработки гибридной модели управления рисками.

Анализ информационной инфраструктуры телеканала позволил проанализировать статус активов «оборудование», «данные», «программное обеспечение», «персонал», «репутация». Каждому активу был присвоен уровень критичности, влияющий на степень риска, вследствие чего определены важнейшие активы телеканала и соответствующие им угрозы, разработаны критерии классификации активов по уровню важности и степени подверженности угрозам.

В работе выполнен качественный и количественный анализ рисков, в результате чего создана матрица корреляции активов и угроз, отображающая взаимозависимость различных элементов инфраструктуры и конкретных угроз. Доказано, что основными источниками угроз являются устаревшее программное обеспечение и низкая киберграмотность сотрудников. Подтверждена высокая вероятность и тяжесть ряда угроз, таких как взлом SMS «Эфир-ПРО» и утечка архивных записей.

На основе проведенного исследования разработана адаптивная гибридная модель оценки рисков, комбинирующая количественные и качественные методы, на основе которой продемонстрирован алгоритм оценки рисков, позволяющий эффективно оценивать и ранжировать угрозы, описана инструментальная реализация модели с использованием платформ RiskWatch и Tenable.io.

Разработанная модель оценки рисков позволяет повысить уровень защищенности телеканала «БТВ» до 85 % и сократить операционные риски на 60 %. Использование современных технологий, таких как машинное обучение и блокчейн, обеспечит автоматизацию процессов и проактивное управление угрозами. Модель может быть применена в других регионах с аналогичными вызовами, что подчеркивает ее универсальность и актуальность.

**ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, КИБЕРУГРОЗА, АУДИТ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, РИСК, ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАЩИЩЕННОСТИ**

*N. V. Gumeniuk, A. D. Katunin*  
**Research of Information Security Risk Factors in the Telecommunications Sector**  
**(Using the Example of the 6TV TV Channel)**

In the context of widespread digitalization and the increasing dependence of telecommunications companies on information technology, ensuring information security is becoming a critically important aspect of their functioning. The telecommunications sector, including media companies, is among the most vulnerable to cyber-attacks, as it combines the processing of confidential data, the transmission of critical content and the need to ensure the continuity of broadcasting. In this regard, the development of a specialized information security risk assessment model is an urgent task of optimizing the information infrastructure of the TV channel and creating a proactive environment for its safe operation.

The research analyzed the works of reputable scientists, domestic and international standards in the field of information security, which became the foundation for the development of a hybrid risk management model.

The analysis of the information infrastructure of the TV channel made it possible to analyze the status of assets “equipment”, “data”, “software”, “personnel”, “reputation”. Each asset was assigned a level of criticality that affects the degree of risk, as a result of which the most important assets of the TV channel and their corresponding threats were identified, and criteria for classifying assets by level of importance and degree of threat exposure were developed.

The work performed a qualitative and quantitative risk analysis, resulting in the creation of a matrix of correlation of assets and threats, reflecting the interdependence of various infrastructure elements and specific threats. It is proven that outdated software and low cyber literacy of employees are the main sources of threats. The high probability and severity of a number of threats are confirmed, such as the hacking of the Efir-PRO CMS and the leakage of archived records.

Based on the conducted research, an adaptive hybrid risk assessment model is developed that combines quantitative and qualitative methods, on the basis of which a risk assessment algorithm is demonstrated that makes it possible to effectively assess and rank threats, and an instrumental implementation of the model using RiskWatch platforms and Tenable.io.

The developed risk assessment model makes it possible to increase the security level of the 6TV channel to 85 % and reduce operational risks by 60 %. The use of modern technologies such as machine learning and blockchain will ensure automation of processes and proactive threat management. The model can be applied in other regions with similar challenges, which underlines its versatility and relevance.

INFORMATION SECURITY, INFORMATION INFRASTRUCTURE, CYBER THREAT, INFORMATION SECURITY AUDIT, RISK, SECURITY ASSESSMENT

**Сведения об авторах:**

**Гуменюк Наталья Владимировна**

Кандидат экономических наук, доцент,  
 доцент кафедры «Математическое моделирование» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 8741-7440  
 ORCID ID: 0000-0002-8076-1955  
 Телефон: +7 949 412-79-08  
 Эл. почта: nataligumenuk@rambler.ru

**Катунин Александр Дмитриевич**

Магистр Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР Российская Федерация,

Телефон: +7 949 467-01-56  
 Эл. почта: wezert666@mail.ru

**Authors' information:****Gumeniuk Natalia Vladimirovna**

Candidate of Economic Sciences, Docent,

Associate Professor of the Chair "Mathematical Modelling" of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 8741-7440

ORCID ID: 0000-0002-8076-1955

Phone: +7 949 412-79-08

Email: nataligumenuk@rambler.ru

**Katunin Aleksandr Dmitrievich**

Master's Student of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

Phone: +7 949 467-01-56

Email: wezert666@mail.ru

**АВТОРЫ ЖУРНАЛА**

- Безухов В. И. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Борщевский С. В. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк
- Быков В. В. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Вовк Л. П. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Гайдай Р. Р. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону
- Гомаль И. И. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк
- Губа В. В. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Губа К. Р. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Гуменюк Н. В. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Добровольский А. О. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Егорова С. В. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Зарубин В. И. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет», г. Майкоп
- Катунин А. Д. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка

- Кисель Е. С. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Лаврентьев П. В. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Мельникова Е. П. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Пащенко Д. Ю. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Полякова Н. В. Государственное бюджетное учреждение «Донгипрошахт», г. Донецк
- Свечкаренко Е. Н. Государственное бюджетное учреждение «Донгипрошахт», г. Донецк
- Селезнева Н. А. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Сытник Е. С. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Третьякова Л. Н. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Фомкин Р. О. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Шипович М. А. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Шумаева Е. А. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

**Требования к статьям**  
международного научно-технического журнала  
**«Вести Автомобильно-дорожного института»**  
**= *Bulletin of the Automobile and Road Institute***»

К опубликованию принимаются научные статьи, которые посвящены широкому спектру теоретических и практических проблем автомобильного транспорта, промышленного транспорта, строительства и эксплуатации автомобильных дорог, охраны окружающей среды, экономики **по следующим научным специальностям:**

- 2.1.5. Строительные материалы и изделия.
- 2.1.7. Технология и организация строительства.
- 2.1.8. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей.
- 2.9.1. Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте.
- 2.9.4. Управление процессами перевозок.
- 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта.
- 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы.
- 2.9.9. Логистические транспортные системы.
- 5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике.
- 5.2.4. Финансы.
- 5.2.6. Менеджмент.
- Охрана окружающей среды.

Опубликованию в журнале подлежат статьи, оригинальность основного текста которых, при проверке в системе «Антиплагиат», составляет не ниже 75 %. В ином случае автору предоставляется протокол проверки для приведения текста в соответствие данному требованию.

Текст статьи должен содержать следующие элементы: постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими заданиями; анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение поставленной проблемы, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящена статья; формулирование цели статьи; изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов; выводы и перспективы дальнейших исследований в данном направлении.

**В редакционную коллегию подаются:**

- статья;
- реферат на русском языке (объем – 2000 знаков) с ключевыми словами;
- экспертное заключение о возможности опубликования материалов в прессе и других средствах массовой информации;
- сопроводительное письмо (с указанием того, что статья ранее не была опубликована);
- сведения об авторах, где указываются: фамилия, имя и отчество (полностью), дата рождения, ученое звание, ученая степень, должность, место работы (в т. ч. ИИН, адрес), статус обучающегося, идентификаторы автора в системах оценки публикационной активности (Researcher ID, Scopus ID, Spin, ORCID, ArXiv ID), контактные данные: телефоны (в т. ч. мобильная связь), e-mail.

### Оформление рукописи статьи

**Материалы** подаются на листах формата А4.

**Поля** зеркальные: внутри и снаружи – 20 мм, верхнее и нижнее – 25 мм.

**Шрифт:** Times New Roman, 12 пт.

**Междустрочный интервал** – одинарный.

**Объем статьи** – 6–12 страниц.

**Ссылки** на литературные источники указываются в квадратных скобках в порядке упоминания.

### Требования к оформлению формул

**Формулы** (оформляемые отдельной строкой) должны быть набраны в MathType. Набор формул из составных элементов, где частью формулы является таблица, или текст, или внедренная рамка, не допускается. Также не допускается вставлять в текст формулы как графические элементы (рисунки).

Необходимо использовать следующие правила набора формул:

- цифры, знаки препинания, скобки (круглые, квадратные, фигурные) – прямым шрифтом;
- буквенные обозначения величин (символы), для которых применяются буквы латинского алфавита, – курсивом;
- сокращенные математические термины (например: sin, cos, lg, lim, max) – прямым шрифтом;
- русские буквы (как в самой формуле, так и в индексах) – прямым шрифтом;
- греческие буквы – прямым шрифтом;
- буквы  $\Sigma$  (как знак суммы),  $\Pi$  (как знак произведения) – прямым шрифтом повышенного кегля;
- размер символов (Size): 12 pt, 7 pt, 5 pt, 18 pt.
- нумерация формул в пределах статьи.

**Рисунки** располагаются после упоминания в тексте. Растровые иллюстрации, штриховые графические объекты, графики, диаграммы подаются в форматах \*.wmf, \*.jpg, \*.tif. Иллюстрации дополнительно сохраняются в виде отдельных файлов. При использовании форматов \*.jpg, \*.tif разрешительная способность – 300–600 dpi. Не допускается создавать рисунки в MS Word. Запрещается внедрять графические материалы в виде объектов связанных с другими программами, например с КОМПАС, MS Excel и т. д.

**Таблицы** выполняются в MS Word. Заголовки таблиц включают номер в пределах статьи и название. Таблицы располагаются после ссылки в тексте.

**Список литературы.** Список литературы должен быть актуальным: содержать не менее 8 литературных источников не старше десяти лет, из них 3 – опубликованных за последние пять лет. В числе источников должно быть не более 5 документов, автором или соавтором которых является сам автор. В список желательно включать литературные источники, тексты которых размещены в интернете. Библиографический список литературы составляется в порядке упоминания документов в тексте и выполняется в соответствии с ГОСТ 7.0.100-2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

**Рукопись статьи содержит:**

- УДК;
- номер научной специальности, по которой написана статья, в соответствии с номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени Минобрнауки РФ;
- указание источника финансирования научной работы, результатом которой стала статья;
- Ф. И. О. авторов, которые печатаются в одном абзаце, через запятую, без переносов;
- название статьи;
- аннотацию – не более 5 строк. Шрифт: Times New Roman, 10 пт, курсив;
- ключевые слова;
- текст статьи;

- список литературы.
- информацию об авторах: место работы, город, страна, коды наукометрических баз данных (SPIN-код; SCOPUS ID, ORCID и т. д.), адрес электронной почты, телефон.

Рукописи статей и оригиналы всех необходимых сопроводительных документов направляются в редакционную коллегию. Электронный вариант статьи и сканированные копии сопроводительных документов направляются по электронной почте.

Редакционная коллегия определяет соответствие статьи профилю журнала и требованиям к оформлению. Отбирает для публикации научные произведения на основе независимого рецензирования с привлечением профильных по теме соответствующих произведений специалистов, не аффилированных с авторами.

Плата с авторов за опубликование рукописей не взимается. Гонорар авторам за публикацию статей не выплачивается.

**Адрес редакционной коллегии:** 284646, ДНР, г. о. Горловка, г. Горловка, ул. Кирова, 51, Автомобильно-дорожный институт (филиал) ДонНТУ в г. Горловка.

**Контактные телефоны:** +7 949 331-45-58; +7 949 318-99-61.

**E-mail:** [vesti-adi@e.adidonntu.ru](mailto:vesti-adi@e.adidonntu.ru)

**Веб-сайт:** <http://ojs.donntu.ru/index.php/vestiadi>; [vestnik.adidonntu.ru](http://vestnik.adidonntu.ru); <https://адидоннту.рф/>