

**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**

№ 1(56), 2026

Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute: международный научно-технический журнал / АДИ ДонНТУ. – Горловка, 2026. – № 1(56). – 106 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 Российской Федерации распоряжениями Минобрнауки России от 29 апреля 2026 г. №№ 187-р, 188-р.

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: **5.2.2.** Математические, статистические и инструментальные методы в экономике; **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. Л. (д-р техн. наук, доц.); Братчун В. И. (д-р техн. наук, проф.); Волощенко Л. М. (д-р экон. наук, проф.); Дмитриченко Л. 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.); Тарарычкин 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. Л. (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 № 8 от 27.05.2026 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, drukni@rambler.ru

Интернет: <http://ojs.donntu.ru/index.php/vestiadi>; vestnik.adidonntu.ru; <https://адидоннту.pdf/>

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

Подписано в печать 18.06.2026 г.

Формат 60 × 84/8. Заказ № 53. Тираж 100 экз.

Печать: АДИ ДонНТУ.

Распространяется бесплатно.

© Авторы статей, 2026

© АДИ ДонНТУ, 2026

**MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION
AUTOMOBILE AND ROAD INSTITUTE
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

№ 1(56), 2026

Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute: international scientific and technical journal / ARI DonNTU. – Gorlovka, 2026. – № 1(56). – 106 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 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.

The journal is included in the List of Peer-Reviewed Publications of the Russian Federation by Orders of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 187-r and No. 188-r dated April 29, 2026.

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: **5.2.2.** Mathematical, Statistical and Instrumental Methods in 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 № 8 of 27.05.2026.

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, drukfnf@rambler.ru

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

ISSN 1990-7796 (Print)

ISSN 3034-4441 (Online)

Signed for posting and printing 18.06.2026.

Format 60 × 84/8. Order № 53. Circulation of 100 copies.

Printed: ARI DonNTU.

Distributed free of charge.

© Authors, 2026

© ARI DonNTU, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ТРАНСПОРТ	7
<i>Н. И. Мищенко, А. В. Химченко, А. И. Петров, В. Л. Супрун</i>	
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ В ПОРШНЕВОМ БЕСШАТУННОМ ДВИГАТЕЛЕ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	7
<i>Е. С. Сытник</i>	
РАСПРЕДЕЛЁННАЯ СЕТЬ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ТОПЛИВ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ	17
СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ	27
<i>Т. И. Бурлаченко, Е. А. Борисова</i>	
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ФУНДАМЕНТОВ МОНТАЖНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПЛОЩАДОК В СОСТАВЕ ВОДООТЛИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	27
<i>Д. А. Плотников, Т. С. Башевая</i>	
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ДЕМОНТАЖА ЗДАНИЙ ПРИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	38
ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	54
<i>И. И. Гомаль, Е. Н. Свечкаренко, А. В. Буслова, О. А. Казымова</i>	
ОРГАНИЗАЦИЯ ГРУППОВЫХ ВОДООТЛИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ШАХТ, КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ РЕГИОНА.....	54
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	67
<i>Е. Г. Сподарева, В. В. Солдатова</i>	
МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТЫ РОСТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ.....	67
<i>Vui Ba Khiem, Vui Ngoc Mai, E. Iu. Rudneva</i>	
RISK MANAGEMENT IN LINKAGES BETWEEN PRIVATE ENTERPRISES AND FOREIGN DIRECT INVESTMENT ENTERPRISES IN HAI PHONG	76
<i>В. Н. Алехин, Е. П. Мельникова, В. В. Трубчанин, В. Ю. Мурай</i>	
АНАЛИЗ РЫНКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ РОССИИ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ	84
<i>М. П. Шевченко</i>	
ИНТЕГРАЦИЯ ПРИНЦИПОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В УПРАВЛЕНИЕ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ: ESG-ПОДХОД В АВТОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ.....	93

TABLE OF CONTENTS

TRANSPORT	7
<i>N. I. Mishchenko, A. V. Khimchenko, A. I. Petrov, V. L. Suprun</i>	
SIMULATION MODEL OF THE MECHANISM FOR CHANGING THE COMPRESSION RATIO IN A PISTON CONROD-FREE INTERNAL COMBUSTION ENGINE.....	7
<i>E. S. Sytnik</i>	
DISTRIBUTED FUEL MONITORING NETWORK AS A TOOL FOR ENSURING VEHICLE SAFETY DURING THE DEVELOPMENT OF HARD-TO-RECOVER OIL RESERVES.....	17
HIGHWAY CONSTRUCTION AND MAINTENANCE	27
<i>T. I. Burlachenko, E. A. Borisova</i>	
DESIGN AND CONSTRUCTION FEATURES OF FOUNDATIONS FOR INSTALLATION AND OPERATION SITES WITHIN DRAINAGE SYSTEMS.....	27
<i>D. A. Plotnikov, T. S. Bashevaia</i>	
RESOURCE-SAVING POTENTIAL OF SECONDARY MATERIALS FROM BUILDING DEMOLITION WASTE IN RESTORATION CONSTRUCTION.....	38
ENVIRONMENT PROTECTION	54
<i>I. I. Gomal, E. N. Svechkarenko, A. V. Buslova, O. A. Kazymova</i>	
GROUP DRAINAGE SYSTEM ORGANIZATION DURING MINE LIQUIDATION AS ONE OF THE WAYS TO IMPROVE REGIONAL ENVIRONMENTAL SITUATION.....	54
ECONOMICS AND MANAGEMENT	67
<i>E. G. Spodareva, V. V. Soldatova</i>	
INTELLECTUAL PROPERTY DEVELOPMENT MECHANISMS AS TOOLS FOR ECONOMIC GROWTH IN THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC.....	67
<i>Bui Ba Khiem, Bui Ngoc Mai, E. Iu. Rudneva</i>	
RISK MANAGEMENT IN LINKAGES BETWEEN PRIVATE ENTERPRISES AND FOREIGN DIRECT INVESTMENT ENTERPRISES IN HAI PHONG.....	76
<i>V. N. Alekhin, E. P. Melnikova, V. V. Trubchanin, V. Yu. Murai</i>	
ANALYSIS OF THE RUSSIAN ENGINEERING MARKET: TRENDS AND PROSPECTS.....	84
<i>M. P. Shevchenko</i>	
INTEGRATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT PRINCIPLES INTO ROAD INFRASTRUCTURE MANAGEMENT: AN ESG APPROACH IN THE ROAD TRANSPORT SECTOR.....	93

ТРАНСПОРТ

УДК 621.432

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.20717818>

**Н. И. Мищенко, д-р техн. наук¹, А. В. Химченко, канд. техн. наук²,
А. И. Петров¹, В. Л. Супрун¹**

**1 – Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»
в г. Горловка**

**2 – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет
им. императора Петра I», г. Воронеж**

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ В ПОРШНЕВОМ БЕСШАТУННОМ ДВИГАТЕЛЕ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Представлены результаты разработки имитационной модели механизма изменения степени сжатия для поршневого бесшатунного двигателя внутреннего сгорания в среде Matlab Simulink. Продемонстрирована динамика изменения степени сжатия, установлены целевые значения быстродействия системы, подобраны оптимальные значения пропускной способности запорных элементов гидравлической системы.

Ключевые слова: поршневой двигатель внутреннего сгорания, переменная степень сжатия, бесшатунный двигатель, имитационная модель, Matlab Simulink

Для цитирования: Имитационная модель механизма изменения степени сжатия в поршневом бесшатунном двигателе внутреннего сгорания / Н. И. Мищенко, А. В. Химченко, А. И. Петров, В. Л. Супрун // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2026. – № 1(56). – С. 7–16. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20717818>.

Введение

Разработки двигателей с переменной степенью сжатия ведутся с 30-х годов XX века. Первоначальные задачи таких двигателей не включали регулирование давления сгорания. В то время основная цель заключалась в быстром изменении степени сжатия при изменении нагрузочного и скоростного режимов двигателя. А сам двигатель с автоматически меняющейся степенью сжатия рассматривался, прежде всего, как автомобильный карбюраторный двигатель.

Совершенствование методов проектирования и расчёта двигателей, активное внедрение передовых технологий при производстве деталей и узлов, применение высокотехнологичных блоков управления рабочими процессами, турбонаддува и систем впрыска топлива ставят новые требования к применению систем изменения степени сжатия.

Современные подходы позволяют по-новому взглянуть на технические решения, которые ранее считались сложными для серийного применения. Так, долгое время поршни, автоматически регулирующие степень сжатия (ПАРСС) [1] и шатуны переменной длины считались технически не реализуемыми из-за конструктивной сложности и низкой надёжности вследствие применения подвижных частей и гидравлических элементов в самых нагруженных элементах двигателя внутреннего сгорания. Однако в последние десятилетия появились публикации [2–4], демонстрирующие успешные прототипы таких систем с улучшенными показателями надёжности.

Дальнейшее развитие двигателестроения возможно при создании двигателей нетрадиционных конструкций. Одним из таких является бесшатунный двигатель с кривошипно-

кулисным механизмом (ККМ) [5–6]. Бесшатунный двигатель позволяет реализовать переменную степень сжатия относительно просто, объединив преимущества ПАРСС и шатуна переменной длины. Переменная степень сжатия позволяет преодолеть не только трудности, связанные с повышением механической нагрузки деталей, но и, в значительной мере, повлиять на термические нагрузки, так как уменьшение степени сжатия при увеличении массы заряда в цилиндре приводит к незначительному росту средней температуры газов, находящихся в цилиндре. В свою очередь, автоматическое понижение степени сжатия по мере повышения давления наддува, может помочь добиться высокого форсирования при сохранении давления сгорания на допустимом уровне.

Использование названных выше устройств предоставляет возможность реализовать изменение степени сжатия поршневого двигателя не только в определенном режиме работы, но и в пределах одного рабочего цикла, что позволяет мгновенно подстраивать параметры сгорания под текущие условия в цилиндре двигателя. Как отмечается в работах [7–10], подобные решения открывают путь к созданию более экономичных, экологичных и гибких по характеристикам силовых агрегатов, отвечающих современным требованиям к энергоэффективности и снижению выбросов.

Авторами данной работы предложен принципиально новый механизм изменения степени сжатия (МИСС), позволяющий изменять степень сжатия в течение одного рабочего цикла двигателя. В связи с особенностями конструкции МИСС необходимо проведение исследований рабочего процесса, определяющего его быстродействие и экономичность двигателя в целом.

Существующие методики расчёта такого МИСС не позволяют выбрать оптимальные параметры механизма и его быстродействие. В данной работе представлена имитационная модель МИСС и некоторые результаты расчётного исследования.

Цель работы

Разработка имитационной модели механизма изменения степени сжатия для поршневого бесшатунного двигателя внутреннего сгорания.

Основная часть

В настоящее время в Автомобильно-дорожном институте (филиале) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка ведутся исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию бесшатунного поршневого ДВС с ККМ и переменной степенью сжатия [5–6, 11]. В разрабатываемом двигателе поршень не подвергается перекалке и испытывает гораздо меньшие боковые нагрузки, что позволяет сделать его практически без юбки, а механизм изменения степени сжатия расположить между поршнем и ККМ.

1. Краткое описание МИСС

Механизм изменения степени сжатия представляет собой силовой гидроцилиндр двустороннего действия с односторонним гидравлическим штоком. МИСС содержит следующие основные элементы: гидравлический цилиндр, гидравлический поршень, шток гидроцилиндра, поршневую полость, штоковую (кольцевую) полость, упругий элемент в виде пружины сжатия, дифференциальный и обратный клапаны. Клапаны соединены с поршневой и штоковой полостями при помощи масляных перепускных каналов.

Изменение степени сжатия осуществляется благодаря перемещению гидравлического поршня, который кинематически связан с поршнем двигателя через верхнюю часть штока двигателя. Поршень гидроцилиндра может перемещаться в обоих направлениях под действием результирующей силы, включающей силу давления газов в цилиндре и силу инерции подвижных деталей МИСС, а также силу упругости пружины. Регулирование движения гид-

равлического поршня осуществляется автоматически с помощью дифференциального и обратного клапанов, обеспечивающих заданный расход масла из одной полости в другую.

Конструкция дифференциального клапана обеспечивает высокую точность начала срабатывания МИСС в конце процесса сжатия в двигателе. Эффект состоит в том, что первая фаза срабатывания механизма становится более зависимой от частоты вращения коленчатого вала, в результате чего начало снижения степени сжатия автоматически согласовывается с текущим значением частоты вращения вала двигателя. Кроме того, дифференциальный клапан обеспечивает при этом меньшие размеры пружины и стабильный процесс срабатывания при переменной величине давления конца сжатия смеси в цилиндре двигателя.

2. Имитационная модель МИСС

Изучить работу нового механизма изменения степени сжатия можно на имитационной модели. Такой подход даёт возможность воспроизвести поведение двигателя в разных режимах эксплуатации, не прибегая к физическим испытаниям. Модель сохраняет логику работы механизма, предоставляет возможность исследовать переходные процессы при изменении степени сжатия и проанализировать как это влияет на ключевые параметры цикла – давление и температуру в цилиндре, состав рабочей смеси, динамику сгорания.

В программной среде Matlab Simulink разработана имитационная модель МИСС для поршневого двигателя внутреннего сгорания. Она предназначена для исследования работы описанного механизма и параметров работы жидкости в гидравлической системе, а также для совершенствования быстродействия механизма на различных режимах работы. Моделирование базируется на решении систем дифференциальных и алгебраических уравнений численным методом. Результаты расчёта представляют собой зависимости изменения различных показателей во времени и доступны в числовом и графическом виде, а численные значения во время испытаний, по желанию, записываются в файл. Данная модель незаменима при проведении оптимизационных численных экспериментов [12].

Имитационная модель МИСС в среде Matlab Simulink представлена на рисунке 1.

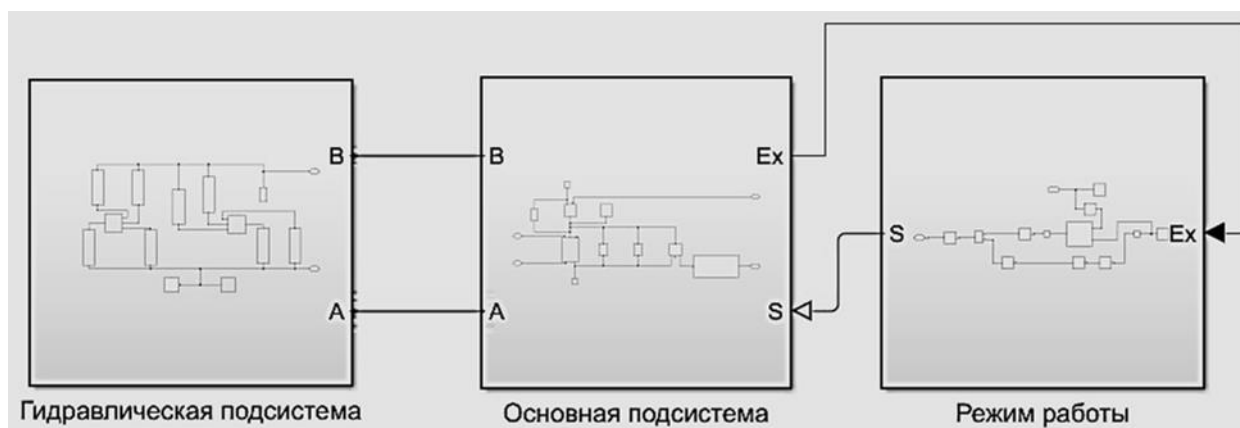


Рисунок 1 – Общая схема модели механизма изменения степени сжатия

Модель состоит из четырёх подсистем: основной подсистемы (рисунок 2), включающей в себя подсистему расчёта текущей степени сжатия (рисунок 3), подсистемы задания режима работы механизма (рисунок 4) и гидравлической подсистемы (рисунок 5).

Основная подсистема (рисунок 2) строится вокруг гидравлического цилиндра двустороннего действия, подвижный шток которого связан с блоком силового нагружения и с дополнительной массой, по значению равной сумме масс поршня, поршневых колец и подвижной части штока механизма. Прикладываемое усилие вызывает ограниченное перемещение, предельное значение которого задается блоком Translation Hard Stop.

Основание гидравлического цилиндра связано с системой координат для всех механических поступательных портов. Между основанием гидроцилиндра и рабочим штоком

параллельно установлены демпфер, блок регистрации перемещения и упругий элемент сжатия, который задаёт минимальное усилие срабатывания механизма.

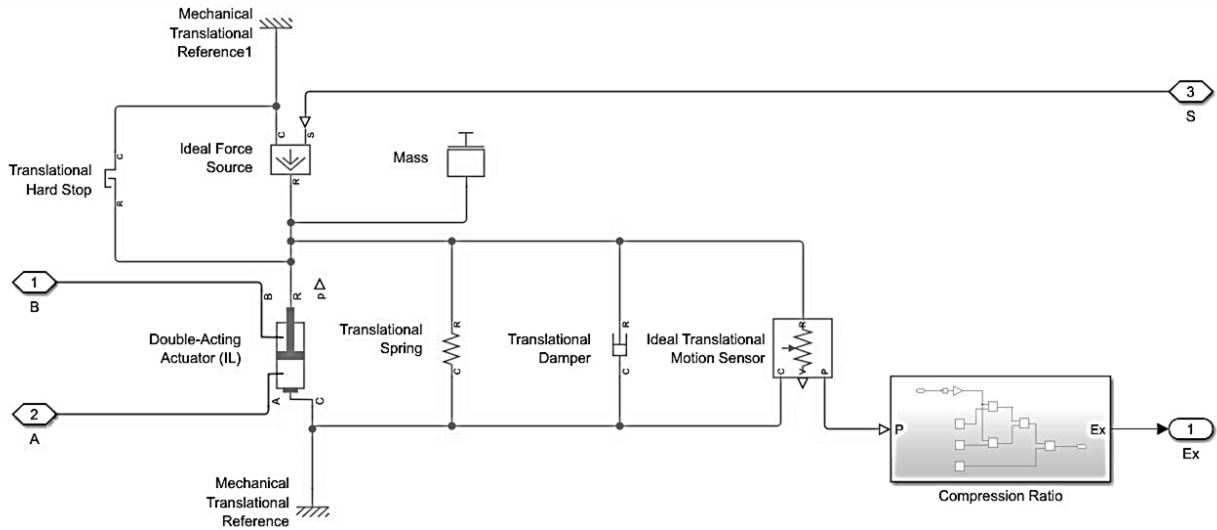


Рисунок 2 – Основная подсистема МИСС

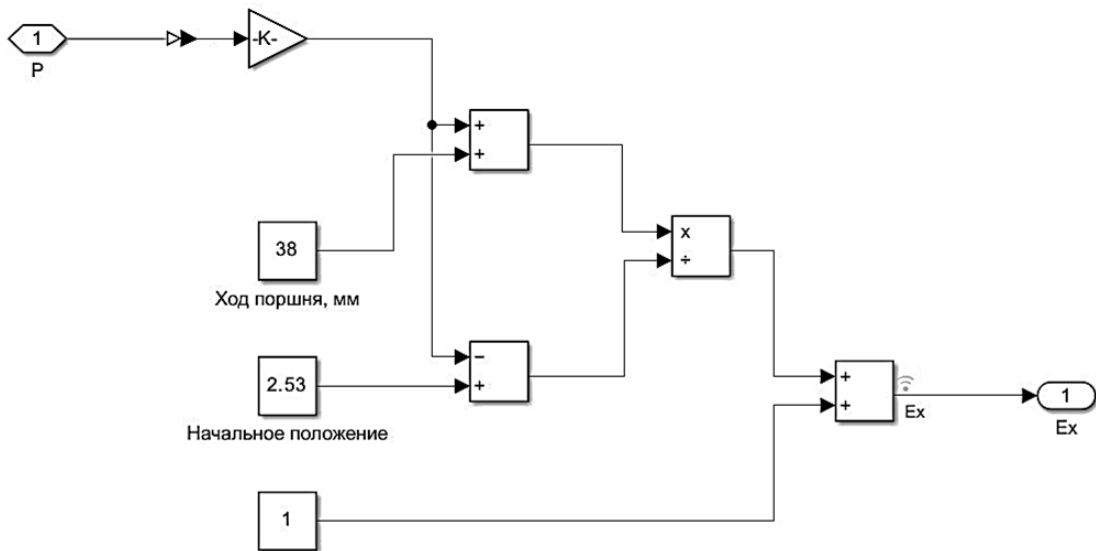


Рисунок 3 – Подсистема расчёта текущей степени сжатия

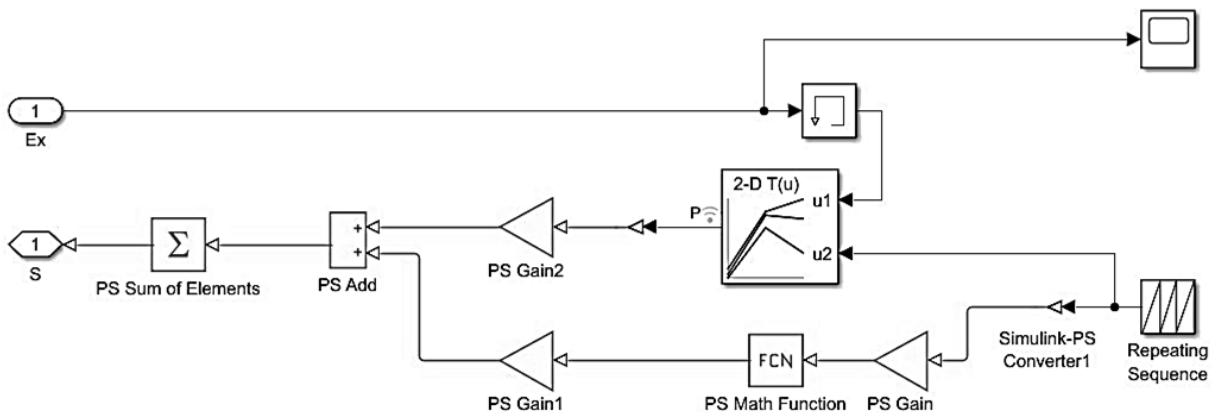


Рисунок 4 – Подсистема задания режима работы механизма

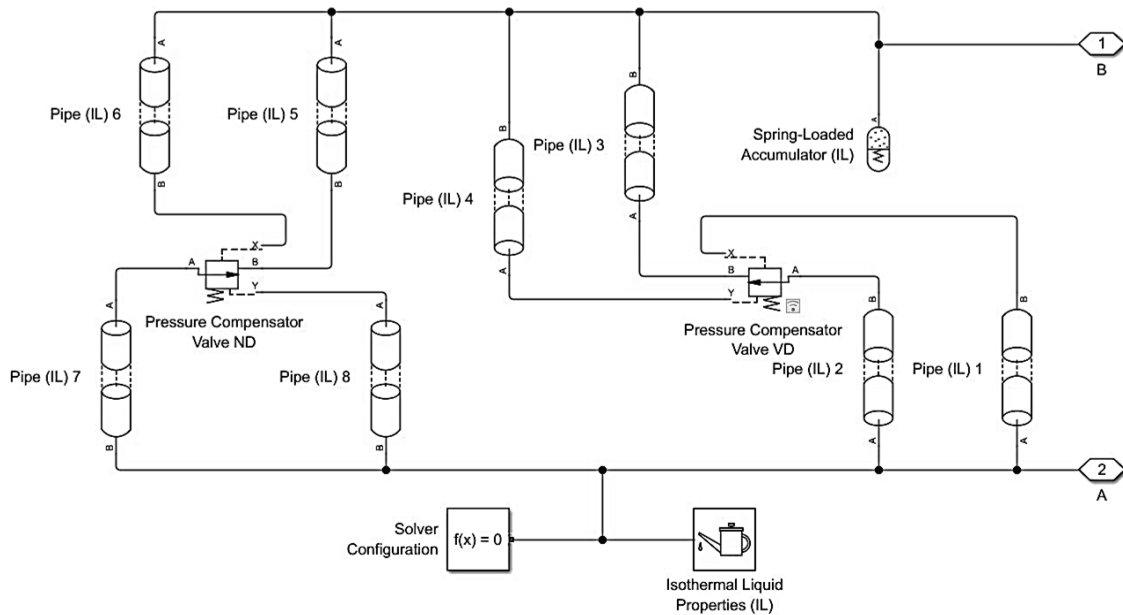


Рисунок 5 – Гидравлическая подсистема механизма

Коэффициенты демпфирования и сжатия подбираются в ходе идентификации модели после проведения натурных экспериментов, так как их точные значения зависят от множества реальных физических факторов – свойств материалов, геометрии деталей, условий смазки, температуры, утечек, инерционности элементов и других параметров.

Упругий элемент в исходном состоянии удерживает шток механизма в верхнем положении, минимизируя объём камеры сгорания. Это обеспечивает максимальную степень сжатия 16:1. Значения перемещения механизма, определяемые блоком Ideal Translation Motion Sensor, передаются в подсистему расчёта текущей степени сжатия (рисунок 3). Данная подсистема определяет текущее значение геометрической степени сжатия и передаёт его на вход подсистемы задания режима работы (рисунок 4).

На начальных этапах исследования работы МИСС в подсистеме задания режима работы имитационной модели основным блоком является таблица давления внутри цилиндра двигателя. В неё внесены результаты расчёта рабочих циклов в зависимости от величины поворота коленчатого вала и текущей степени сжатия при работе МИСС, полученные в программном комплексе для термодинамического анализа и оптимизации ДВС – «Дизель-РК» [13].

При увеличении степени сжатия увеличивается и давление в конце такта сжатия, что способствует более эффективному воспламенению, более быстрому сгоранию топливовоздушной смеси и, как следствие, более высокому значению давления в конце сгорания [8–10]. Визуализация значений таблицы давления представлена на рисунке 6.

По мере роста усилия на штоке гидравлического цилиндра во время процесса сжатия наступает момент, когда усилие превышает сопротивление упругого элемента. В этот момент вступает в работу гидравлическая система и клапан Pressure Compensator VD (рисунок 5). При достижении критического перепада давления он срабатывает, в результате чего степень сжатия в наиболее нагруженных режимах работы должна снизиться до значения 7,6:1 в момент образования максимального давления.

Упругий элемент при этом выполняет двойную функцию: демпфирует резкие скачки давления и обеспечивает возврат поршня в верхнее положение после снижения давления в цилиндре, способствуя восстановлению максимальной степени сжатия 16:1.

Применение гидравлической системы оправдано легкостью настройки и большим быстродействием, главным образом из-за малого момента инерции исполнительных элементов. Кроме того, рабочая жидкость практически мгновенно передаёт усилие по всей системе, её низкая сжимаемость обеспечивает почти беззамедлительную реакцию исполнительных механизмов на изменение давления над поршнем.

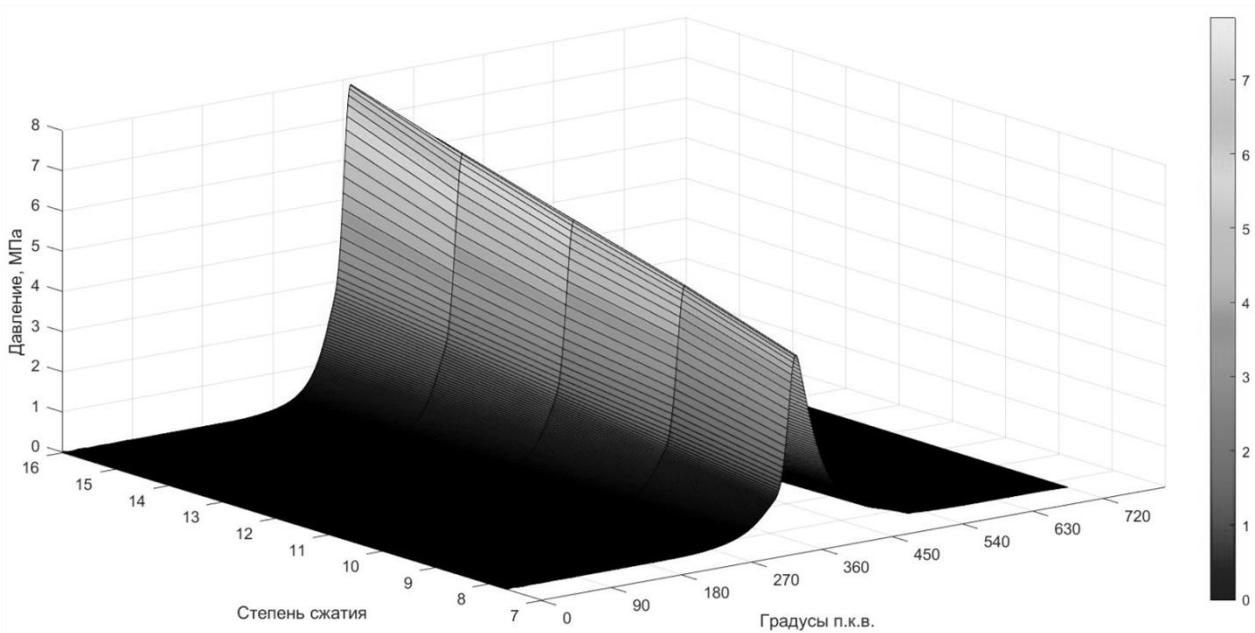


Рисунок 6 – Избыточное давление внутри цилиндра двигателя при различных углах поворота коленчатого вала и степени сжатия (частота вращения $n = 2\,400$ об/мин.)

Остается открытым вопрос обеспечения быстродействия и поведения жидкости в столь сложных условиях, что и является задачей для дальнейших исследований.

Для демонстрации работы модели рассмотрим поведение МИСС в самом нагруженном режиме: при полной нагрузке и частоте вращения коленчатого вала $n = 2\,400$ об/мин. В таких условиях МИСС должен обеспечить понижение степени сжатия с 16:1 до 7,6:1 за время нарастания давления во время процесса сгорания.

3. Результаты моделирования МИСС

Предварительно задав все конструктивные параметры механизма, а также параметры автомобильного масла – с вязкостью SAE 5W-30 при температуре $80\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении начала срабатывания МИСС – на уровне 3,7 МПа, можно оценить поведение системы при различных диаметрах перепускных каналов клапанов (рисунки 7, 8).

В ходе моделирования установлено, что на режиме полной нагрузки и при частоте вращения коленчатого вала $n = 2\,400$ об/мин быстродействие составляет 0,003 с. За это время из одной полости гидравлического цилиндра в другую перекачивается $3,49\text{ см}^3$ масла. Требуемый уровень быстродействия достигается при диаметре перепускных каналов $d = 4$ мм.

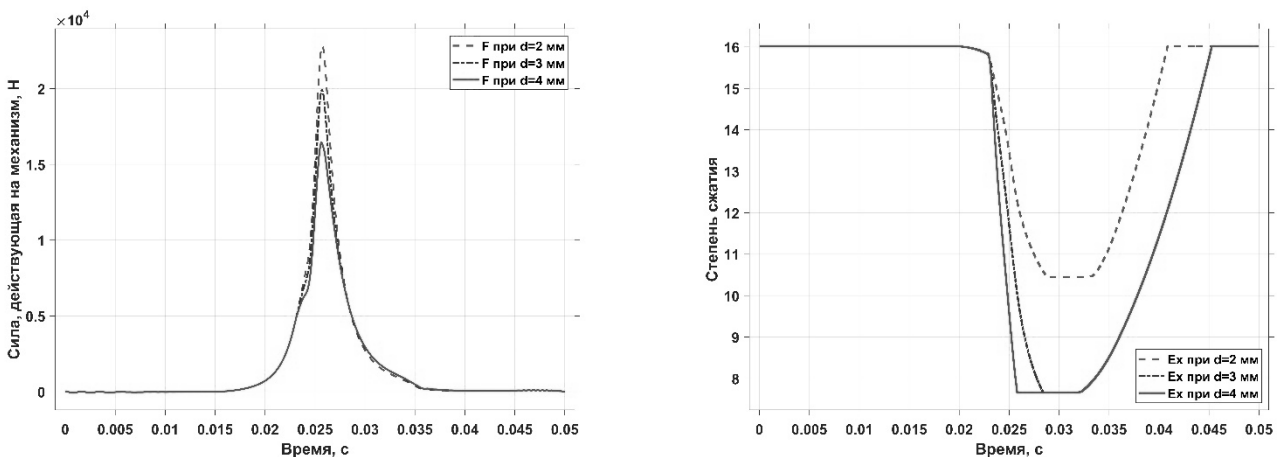


Рисунок 7 – Силы, действующие на механизм и значение степени сжатия во времени при различных диаметрах перепускных каналов

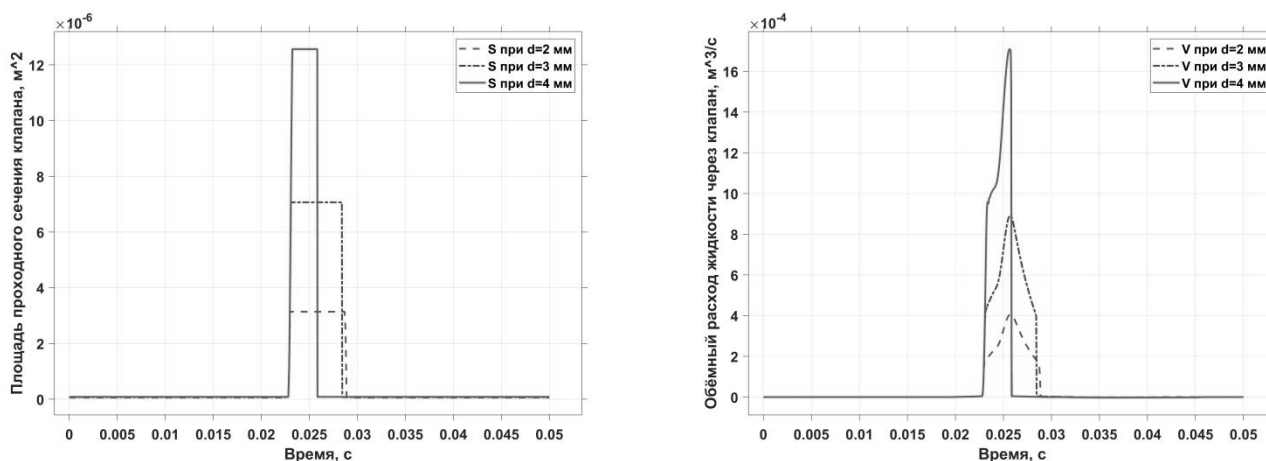


Рисунок 8 – Площадь поперечного сечения перепускного клапана и объёмный расход жидкости через него при различных диаметрах перепускных каналов

Заключение

В статье описана разработанная имитационная модель механизма изменения степени сжатия для поршневого бесшатунного двигателя внутреннего сгорания в среде Matlab Simulink. Продемонстрированы ключевые моменты создания динамической системы с обратной связью и результаты расчёта избыточного давления внутри цилиндра двигателя при различных углах поворота коленчатого вала и степени сжатия, полученные для экспериментального двигателя в программе «Дизель-РК». Рассмотрено поведение модели механизма при различных сечениях перепускных каналов клапана в гидравлической системе, установлены целевые значения быстродействия системы на уровне 0,003 с.

Всё вышперечисленное свидетельствует о применении МИСС с высоким уровнем быстродействия для поршневых ДВС.

Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.

Список литературы

1. Махалдиани, В. В. Двигатели внутреннего сгорания с автоматическим регулированием степени сжатия / В. В. Махалдиани, И. Ф. Эджибия, А. М. Леонидзе ; Академия наук Грузинской ССР, Институт механики машин. – Тбилиси : Мецниереба, 1973. – 270 с.
2. Shaik, A. Variable compression ratio engine: A future power plant for automobiles – An overview / A. Shaik, N. S. V. Moorthi, R. Rudramoorthy // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D. Journal of Automobile Engineering. – 2007. – Vol. 221(9). – P. 1159–1168.
3. Wittek, K. Two-Stage Variable Compression Ratio with Eccentric Piston Pin and Exploitation of Crank Train Forces / K. Wittek, Ch. Tiemann, S. Pischinger // SAE International Journal of Engines. – 2009. – Vol. 2(1). – P. 1304–1313.
4. Тер-Мкртчян, Г. Г. Прогрессивные конструкции и рабочие процессы двигателей внутреннего сгорания / Г. Г. Тер-Мкртчян. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 116 с. – ISBN 978-5-9729-1802-7.
5. Мищенко, Н. И. Нетрадиционные малоразмерные двигатели внутреннего сгорания. В 2 т. Т. 1. Теория, разработка и испытание нетрадиционных двигателей внутреннего сгорания / Н. И. Мищенко. – Донецк : Лебедь, 1998. – 228 с. – ISBN 966-508-181-0.
6. Мищенко, Н. И. Конструктивные решения переменной степени сжатия в поршневых двигателях внутреннего сгорания / Н. И. Мищенко, А. И. Петров, В. Л. Супрун. – Текст : электронный // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2024. – № 2(49). – С. 7–15. – EDN WVCYIQ. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=75201532> (дата обращения: 05.02.2026).
7. Влияние степени сжатия на показатели двигателей / Н. И. Мищенко, В. Л. Супрун, Ю. В. Юрченко [и др.]. – Текст : электронный // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса : Материалы V международной научно-практической конференции, Горловка, 22 мая 2019 года. – Горловка : АДИ ДОННТУ, 2019. – С. 57–60. – EDN ZYHXLV. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38517589> (дата обращения: 06.02.2026).
8. Оценка показателей двигателя легкового автомобиля с новым механизмом изменения степени сжатия / Н. И. Мищенко, А. И. Петров, С. Е. Волков, Д. Д. Ромашов. – Текст : электронный // Актуальные проблемы науки и техники. 2023 : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 15–17 марта 2023 г. / отв. ред. Н. А. Шевченко. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2023. – С. 598–599. – EDN HLUKCD. – URL: <https://elibrary.ru/hlurcd> (дата обращения: 09.02.2026).

9. Лашко, В. А. Изменение степени сжатия – один из элементов создания адаптивного поршневого двигателя / В. А. Лашко, А. И. Пospelov. – Текст : электронный // Ученые заметки ТОГУ. – 2014. – Т. 5, № 1. – С. 307–310. – EDN SAMRCP. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21408724> (дата обращения: 10.02.2026).
10. Ле, Д. Д. Улучшение технических показателей перспективного поршневого многотопливного ДВС с переменной степенью сжатия на ранней стадии проектирования / Д. Д. Ле. – Текст : электронный // Достижения науки и образования. – 2016. – № 6(7). – С. 24–31. – EDN WCFWBR. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26240702> (дата обращения: 11.02.2026).
11. Патент № 2794018 С1 Российская Федерация, МПК F01B 9/02, F02B 75/32. Бесшатунный двигатель с кривошипно-кулисным механизмом : № 2022126033 : заявл. 05.10.2022 : опубл. 11.04.2023 / Н. И. Мищенко, А. В. Химченко, Т. Н. Колесникова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I. – EDN FZUQEA. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=fzuqea> (дата обращения: 12.02.2026). – Текст. Изображение : электронные.
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025668533 Российская Федерация. Имитационная модель механизма изменения степени сжатия в поршневом двигателе внутреннего сгорания : заявл. 17.07.2025 : опубл. 17.07.2025 / А. В. Химченко, Н. И. Мищенко, А. И. Петров ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ. – EDN BEXDMF. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82658470> (дата обращения: 13.02.2026). – Текст : электронный.
13. Кулешов, А. С. Развитие методов расчёта и оптимизация рабочих процессов ДВС : специальность 05.04.02 : диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук / Андрей Сергеевич Кулешов ; Московский государственный университет имени Н. Э. Баумана. – Москва : МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2011. – 235 с.

References

1. Makhaldiani V. V. Internal Combustion Engines with Automatic Regulation of Compression Ratio. V. V. Makhaldiani, I. F. Ejibia, A. M. Leonidze ; Academy of Sciences of the Georgian SSR, Institute of Machine Mechanics. Tbilisi : Metsniereba, 1973. 270 p. (In Russ.)
2. Shaik A. Variable Compression Ratio Engine: A Future Power Plant for Automobiles. An overview. A. Shaik, N. S. V. Moorthi, R. Rudramoorthy. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D. Journal of Automobile Engineering. 2007. Vol. 221(9). Pp. 1159–1168. (In Eng.)
3. Wittek K. Two-Stage Variable Compression Ratio with Eccentric Piston Pin and Exploitation of Crank Train Forces. K. Wittek, Ch. Tiemann, S. Pischinger. SAE International Journal of Engines. 2009. Vol. 2(1). Pp. 1304–1313. (In Eng.)
4. Ter-Mkrtychyan G. G. Progressive Designs and Operating Processes of Internal Combustion Engines : A Textbook. Moscow ; Vologda : Infra-Engineering, 2024. 116 p. ISBN 978-5-9729-1802-7. (In Russ.)
5. Mishchenko N. I. Unconventional Small-Sized Internal Combustion Engines. In 2 volumes. Vol. 1. Theory, Development, and Testing of Unconventional Internal Combustion Engines. Donetsk : Lebed, 1998. 228 p. ISBN 966-508-181-0. (In Russ.)
6. Mishchenko N. I. Variable Compression Ratio Design Solutions in Reciprocating Internal Combustion Engines. N. I. Mishchenko, A. I. Petrov, V. L. Suprun. Vesti Avtomobil'no-dorozhnogo instituta = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. 2024. № 2(49). Pp. 7–15. EDN WVCYIQ. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=75201532>
7. The Effect of Compression Ratio on Engine Performance. N. I. Mishchenko, V. L. Suprun, Yu. V. Yurchenko [et al.]. Scientific and Technical Aspects of the Development of the Motor Transport Complex : Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference, Gorlovka, May 22, 2019. Gorlovka: ADI DONNTU, 2019. Pp. 57–60. EDN ZYHXLV. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38517589>
8. Evaluation of the Performance of a Passenger Car Engine with a New Variable Compression Ratio Mechanism. N. I. Mishchenko, A. I. Petrov, S. E. Volkov, D. D. Romashov. Actual Problems of Science and Technology. 2023 : Proceedings of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference, Rostov-on-Don, March 15–17, 2023. Ed. N. A. Shevchenko. Rostov-on-Don: DSTU, 2023. Pp. 598–599. EDN HLURCD. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/hlurcd>
9. Lashko V. A. Varying the Compression Ratio Is One of the Elements in Creating an Adaptive Piston Engine. V. A. Lashko, A. I. Pospelov. Uchenye zametki TOGU. [PSU Academic Notes]. 2014. Vol. 5, № 1. Pp. 307–310. EDN SAMRCP. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21408724>
10. Le D. D. Improving the Performance of the Promising Piston Multi-Fuel Internal Combustion Engine with Variable Compression Ratio at an Early Design Stage. Dostizheniya nauki i obrazovaniya. [Achievements of Science and Education]. 2016. № 6(7). Pp. 24–31. EDN WCFWBR. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26240702>
11. Patent No. 2794018 C1 Russian Federation, IPC F01B 9/02, F02B 75/32. Connecting rod-less engine with a crank-rocker mechanism : No. 2022126033 : declared 05.10.2022 : published 11.04.2023. N. I. Mishchenko, A. V. Khimchenko, T. N. Kolesnikova [et al.]; applicant Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I”. EDN FZUQEA. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=fzuqea>
12. Certificate of State Registration of Computer Program No. 2025668533 Russian Federation. Simulation model of the mechanism for changing the compression ratio in a piston internal combustion engine: declared 17.07.2025 :

published 17.07.2025. A. V. Khimchenko, N. I. Mishchenko, A. I. Petrov ; applicant Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great”. Registered in the Register of Computer Programs. EDN BEXDMF. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82658470>
 13. Kuleshov A. S. Development of Calculation Methods and Optimization of Internal Combustion Engine Operating Processes : Specialty 05.04.02 : Dissertation for the Degree of Doctor of Technical Sciences. Andrei Sergeevich Kuleshov ; Bauman Moscow State University. Moscow : Bauman Moscow State Technical University, 2011. 235 p. (In Russ.)

Статья поступила 16.02.2026

© Н. И. Мищенко, А. В. Химченко, А. И. Петров, В. Л. Супрун, 2026

Рецензент: Н. В. Савенков, канд. техн. наук, доц.,

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры – филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Макеевка

Н. И. Мищенко, А. В. Химченко, А. И. Петров, В. Л. Супрун
Имитационная модель механизма изменения степени сжатия в поршневом бесшатунном двигателе внутреннего сгорания

Статья посвящена разработке имитационной модели механизма изменения степени сжатия для поршневого бесшатунного двигателя внутреннего сгорания в среде Matlab Simulink.

В настоящее время в Автомобильно-дорожном институте (филиале) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка ведутся исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию бесшатунного поршневого двигателя внутреннего сгорания с кривошипно-кулисным механизмом и переменной степенью сжатия. В разрабатываемом двигателе поршень не подвергается перекладке и испытывает гораздо меньшие боковые нагрузки, что позволяет сделать его практически без юбки, а механизм изменения степени сжатия расположить между поршнем и кулисой.

При такой компоновке регулирование степени сжатия осуществляется изменением положения поршня в цилиндре относительно поверхности головки блока. Это обеспечивает быструю и точную реакцию системы на текущий режим работы двигателя, за считанные миллисекунды. С точки зрения эффективности сгорания, прямое регулирование положения поршня даёт возможность оптимизировать объём камеры сгорания в каждом рабочем цикле.

ПОРШНЕВОЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, ПЕРЕМЕННАЯ СТЕПЕНЬ СЖАТИЯ, БЕСШАТУННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, MATLAB SIMULINK

N. I. Mishchenko, A. V. Khimchenko, A. I. Petrov, V. L. Suprun
Simulation Model of the Mechanism for Changing the Compression Ratio in a Piston Conrod-free Internal Combustion Engine

The article is devoted to the development of the simulation model of the mechanism for changing the compression ratio for a piston conrod-free internal combustion engine in the Matlab Simulink environment.

Currently, the Automobile and Road Institute of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Donetsk National Technical University” in Gorlovka is conducting research and development work on the creation of a piston conrod-free internal combustion engine with a crank mechanism and variable compression ratio. In the engine under development, the piston is not shifted and experiences much less lateral loads, which allows it to be made practically without a skirt, and the mechanism for changing the compression ratio is positioned between the piston and the link.

With this arrangement, the compression ratio is adjusted by the length of the rod, thereby changing the position of the piston in the cylinder relative to the surface of the block head. This ensures a fast and accurate system response to the current engine operating mode in a matter of milliseconds. From the point of view of combustion efficiency, direct control of the piston position makes it possible to optimize the volume of the combustion chamber in each operating cycle.

PISTON INTERNAL COMBUSTION ENGINE, VARIABLE COMPRESSION RATIO, CONROD-FREE ENGINE, SIMULATION MODEL, MATLAB SIMULINK

Сведения об авторах:

Мищенко Николай Иванович

Доктор технических наук, профессор,

заведующий 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: 6604-8459
 Телефон: +7 949 408-87-62
 Эл. почта: mim2802@mail.ru

Химченко Аркадий Васильевич

Кандидат технических наук, доцент,
 доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины, тракторы и автомобили» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 4568-1757
 Телефон: +7 917 726-00-03
 Эл. почта: himch.arkady@yandex.ru

Петров Александр Иванович

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: 4461-4376
 ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6289-9304>
 Телефон: +7 949 430-60-28
 Эл. почта: a.i.petrov_adi@mail.ru

Супрун Владимир Леонидович

Старший преподаватель 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: 3153-8230
 Телефон: +7 949 332-92-61
 Эл. почта: suprunv@mail.ru

Authors' information:

Mishchenko Nikolai Ivanovich

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

RSCI SPIN: 6604-8459
 Phone: +7 949 408-87-62
 Email: mim2802@mail.ru

Khimchenko Arkadii Vasilievich

Candidate of Technical Sciences, Docent,
 Associate Professor of the Chair "Agricultural Machines, Tractors and Cars" of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Agrarian University Named after Emperor Peter I", Voronezh, Russian Federation,

RSCI SPIN: 4568-1757
 Phone: +7 917 726-00-03
 Email: himch.arkady@yandex.ru

Petrov Aleksandr Ivanovich

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

RSCI SPIN: 4461-4376
 ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6289-9304>
 Phone: +7 949 430-60-28
 Email: a.i.petrov_adi@mail.ru

Suprun Vladimir Leonidovich

Senior Lecturer of the Chair "Automobile Transport" of Automobile and Road Institute of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 3153-8230
 Phone: +7 949 332-92-61
 Email: suprunv@mail.ru

УДК 656.13+622.323+543.42

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.20591793>**Е. С. Сытник, канд. техн. наук****Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»
в г. Горловка****РАСПРЕДЕЛЁННАЯ СЕТЬ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ТОПЛИВ КАК
ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТА
ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ**

Исследование посвящено обоснованию применения распределённой сети экспресс-контроля октанового числа бензинов методом ближней инфракрасной (ИК) спектроскопии в условиях роста доли трудноизвлекаемых запасов в нефтедобыче. Показано, что традиционный моторный метод (ГОСТ 511-2022) обладает ограничениями для оперативного мониторинга топлива в местах его оборота (нефтебазы, АЗС, автопарки). Сравнительный анализ моторного и ИК-спектроскопического методов определения октанового числа показал, что ИК-спектроскопический метод обладает преимуществами: оперативностью, экологичностью (отсутствие выбросов) и достаточной для задач оперативного контроля точностью. Разработана концептуальная модель распределённой системы мониторинга, включающая уровни распределения, эксплуатации, надзора и адаптации системы технического обслуживания автомобилей. Реализация предложенной концепции позволит обеспечить эксплуатационную и экологическую безопасность автомобильного транспорта при использовании топлив из трудноизвлекаемых запасов.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, трудноизвлекаемые запасы нефти, ТриЗ, октановое число, детонационная стойкость, ИК-спектроскопия, экспресс-анализ, мониторинг, эксплуатационная безопасность, экологическая безопасность

Для цитирования: Сытник, Е. С. Распределённая сеть экспресс-контроля топлив как инструмент обеспечения безопасности автотранспорта при разработке трудноизвлекаемых запасов нефти / Е. С. Сытник // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2026. – № 1(56). – С. 17–26. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20591793>.

Введение

Развитие автотранспортного комплекса в современных условиях определяется необходимостью постоянного балансирования между тремя ключевыми составляющими: экономической эффективностью перевозок, эксплуатационной надёжностью подвижного состава и экологическими требованиями, ужесточающимися с каждым пересмотром технических регламентов (Евро-5, Евро-6, перспективные нормы Евро-7). Ключевым системообразующим элементом, во многом предопределяющим достижение этого баланса, является качество применяемых моторных топлив, и в первую очередь – автомобильных бензинов, доля которых в структуре топливопотребления остаётся доминирующей.

В настоящее время стабильность топливного обеспечения автотранспорта в РФ подвергается новым, ранее не проявлявшимся в полной мере вызовам, обусловленным структурным сдвигом в нефтедобывающей промышленности в сторону освоения трудноизвлекаемых запасов (ТриЗ) углеводородов [1, 2]. ТриЗ – это запасы с неблагоприятными геологическими условиями, плохими коллекторскими свойствами, высокой вязкостью флюидов, удалённостью от инфраструктуры или нерентабельные при существующих технологиях [3]. К ним относят высоковязкие нефти, битуминозные пески, нефти арктических месторождений, остаточные запасы на зрелых месторождениях, запасы в низкопроницаемых коллекторах (сланцевые формации) и др. Технологические особенности переработки такого сырья создают риски

изменения физико-химических и эксплуатационных свойств конечных нефтепродуктов.

Технологии добычи и переработки сырья из ТРИЗ более сложны и капиталоемки, что может отражаться на составе и, как следствие, на ключевых эксплуатационных показателях бензинов (прежде всего на детонационной стойкости, характеризуемой октановым числом), создавая риски нестабильности их физико-химических свойств.

Действующая в Российской Федерации система контроля качества моторных топлив базируется на моторных методах определения октанового числа (ГОСТ 511-2022 «Топливо для двигателей. Моторный метод определения октанового числа» [4]). Этот метод является эталонным и обеспечивает достоверную сертификационную оценку. Однако он рассчитан на стационарные лабораторные условия и требует значительных затрат времени, больших объёмов проб топлива (до 1,0 л) и эталонных смесей (до 2,5 л), а также сопровождается выбросами вредных веществ с отработавшими газами (ОГ), шумом и расходом ресурса испытательных двигателей внутреннего сгорания (ДВС), работающих в режимах экстремальных нагрузок.

В условиях потенциальной нестабильности топлив из ТРИЗ, когда необходим оперативный контроль каждой партии топлива непосредственно в точках его оборота (нефтебазы, автозаправочные станции (АЗС), автопарки, автотранспортные и автосервисные предприятия), моторный метод неприменим. Возникает потребность в дополнительном оперативном контроле, который бы позволял быстро выявлять возможные отклонения одного из наиболее критических параметров – октанового числа (ОЧ) без значительных временных и материальных затрат. Настоящая работа посвящена обоснованию целесообразности применения для этих целей метода ближней инфракрасной (ИК) спектроскопии.

Цель исследования – разработка и обоснование концепции внедрения распределённой сети оперативного экспресс-контроля октанового числа бензинов методом ИК-спектроскопии, обеспечивающей непрерывный мониторинг качества топлива в цепочке «нефтебаза – АЗС – бак автомобиля» как условия гарантии эксплуатационной и экологической безопасности автомобильного транспорта.

Материал и методы

Методологическую основу исследования составили: теоретический анализ (изучение и обобщение данных научно-технической литературы и нормативных документов), сравнительный анализ (сопоставление моторного и ИК-спектроскопического методов определения октанового числа по совокупности эксплуатационных, экономических и инфраструктурных критериев), системный анализ (выявление взаимосвязей между качеством топлива, эксплуатационной надёжностью и экологической безопасностью), а также концептуальное моделирование (разработка архитектуры распределённой системы мониторинга качества топлив).

Анализ публикаций

Вопросы взаимосвязи свойств моторных топлив, рабочих процессов в ДВС и экологических характеристик автомобильных транспортных средств (АТС) являются предметом интенсивных исследований на протяжении многих десятилетий. Фундаментальные работы [5, 6] детально описывают физико-химические механизмы детонационного сгорания, условия его возникновения при использовании топлива с недостаточным ОЧ, а также количественные модели влияния детонации на теплонпряжённость, механические нагрузки и ресурс цилиндропоршневой группы. Установлено, что даже кратковременная работа ДВС на бензине с заниженным на 2–3 единицы ОЧ может приводить к прогрессирующему разрушению перемычек между поршневыми кольцами, прогару поршней, выходу из строя головки блока цилиндров. Кроме того, детонация сопровождается многократным ростом выбросов оксидов азота (NO_x) вследствие резкого повышения локальных температур в зоне распространения ударной волны.

Проблема нестабильности свойств нефтепродуктов при переходе на переработку сырья из ТРИЗ поднимается в работах [1, 2, 3, 7]. Авторы [7] обсуждают общие принципы возобновляемости запасов, однако не переходят к конкретным инженерным решениям в области контроля качества топлив. Автор [2] даёт макроэкономический анализ исчерпания традиционной нефти, но оставляет в стороне метрологические и эксплуатационные аспекты. Теоретические основы оптических методов анализа, включая инфракрасную спектроскопию, систематически изложены в [8], что создаёт необходимую базу для понимания возможностей и ограничений ИК-метода применительно к анализу моторных топлив. Классическим для области спектрального прогнозирования свойств углеводородов является исследование [9], результаты которого служат эталоном для оценки точности ИК-методов и подтверждают их пригодность для регулярного серийного контроля качества партий бензинов.

Таким образом, проведенный анализ публикаций свидетельствует, что, с одной стороны, наблюдается рост доли ТРИЗ в нефтедобыче и, соответственно, потенциальных рисков для качества топлив, а с другой – существуют экспериментально подтверждённые методы (ближняя ИК-спектроскопия), позволяющие оперативно и с достаточной точностью определять октановое число [8, 9, 10, 11]. Однако целостная концепция распределённого мониторинга качества топлив, адаптированная к условиям изменения сырьевой базы нефтедобычи, ранее не предлагалась. Настоящая работа направлена на преодоление этого разрыва.

В рамках решения поставленной цели были последовательно выполнены основные задачи: сравнительный анализ методов контроля ОЧ применительно к условиям нестабильного сырья и разработка архитектуры распределённой системы мониторинга качества топлив в условиях использования ТРИЗ.

Как отмечено выше, традиционный моторный метод (ГОСТ 511-2022) неприменим для оперативного контроля топлива непосредственно на объектах топливной инфраструктуры, особенно в условиях нестабильности ОЧ бензинов, вызванной ростом доли ТРИЗ.

В связи с этим в настоящей работе проведен сравнительный анализ традиционного моторного метода и инновационного метода ближней ИК-спектроскопии. Последний позволяет оценивать ОЧ по спектрам поглощения в диапазоне длин волн 1 100–1 300 нм без сжигания контрольных образцов топлива. Ключевые параметры сопоставления моторного и ИК-спектроскопического методов, а также их значения для контроля рисков, связанных с ТРИЗ, приведены в таблице. Выбор критериев диктовался необходимостью обеспечения быстрого получения результата, минимизации ресурсных затрат, экологической безопасности процедуры, пригодности метода для размещения на объектах топливной инфраструктуры, а также его функциональной роли в системе мониторинга.

Таблица – Сравнительный анализ традиционного моторного и инновационного ИК-спектроскопического методов определения октановых чисел бензинов

Критерий сравнения	Метод		Роль ИК-метода для контроля рисков, связанных с использованием ТРИЗ
	Моторный (ГОСТ 511-2022)	ИК-спектроскопия (ближняя область, $\lambda = 1\ 100\text{--}1\ 300\ \text{нм}$)	
1	2	3	4
Принцип определения ОЧ	Сравнение детонации испытуемого топлива с эталонными смесями на одноцилиндровом ДВС	Регистрация спектров поглощения и их математическая обработка	ИК-метод оперативно выявляет критические отклонения ОЧ при нестабильности топлив из ТРИЗ

Продолжение таблицы

1	2	3	4
Необходимое оборудование	– Стационарная моторная установка с одноцилиндровым ДВС; – контрольно-измерительная аппаратура	– ИК-спектрофотометр (сканирование в диапазоне 1 100–1 300 нм); – компьютер с программным обеспечением	Для контроля рисков ТРИЗ необходима мобильность оборудования. ИК-спектрофотометры компактны, мобильны
Объём контрольной пробы топлива	0,5–1,0 л	0,5–1,0 мл	Малый объём пробы топлива при ИК-анализе позволяет проводить частый мониторинг топлив из ТРИЗ без изъятия больших количеств из оборота
Расход эталонных смесей	1,0–2,5 л при каждом измерении	Не расходуются при анализе (требуются однократно для калибровки)	Отсутствие расхода эталонных смесей при каждом измерении упрощает и ускоряет контроль топлив из ТРИЗ
Время анализа	30–60 мин (полный цикл)	1–5 мин	Оперативность ИК-метода позволяет выявлять некондиционное топливо из ТРИЗ до заправки в бак автомобиля
Экологичность процесса	Выбросы ОГ, шум, вибрация, повышенный износ испытательного ДВС	Отсутствие вредных выбросов с ОГ, неразрушающий метод, экологически безопасен	ИК-метод не создаёт дополнительной экологической нагрузки при контроле топлив из ТРИЗ
Возможность интеграции	Стационарная лабораторная установка	Мобильные и стационарные посты на АЗС, в автопарках, передвижных лабораториях	ИК-метод позволяет создать распределённую сеть контроля качества топлив, получаемых из ТРИЗ
Точность (погрешность)	Высокая: сходимость 0,5 ед. ОЧ; воспроизводимость 1,6 ед. ОЧ; доверительная вероятность – 95 %	Достаточная: стандартные ошибки предсказания составили 0,34 для октанового числа по исследовательскому методу (ОЧИ) и 0,30 – по моторному (ОЧМ) [9]	Точность ИК-метода приемлема для оперативного контроля рисков, связанных с ТРИЗ
Основная функция	Сертификация, арбитражные испытания, эталонный контроль	Оперативный (превентивный) мониторинг, скрининг	ИК-метод обеспечивает раннее выявление рисков при контроле топлив из ТРИЗ
Требования к персоналу	Высокая квалификация (инженер-испытатель)	Не требует высшего инженерного образования (достаточно среднего технического)	ИК-метод позволяет быстро подготовить операторов для широкой сети постов контроля

Анализ данных, приведенных в таблице, позволяет выявить принципиальные различия между традиционным моторным методом и инновационным ИК-спектроскопическим подходом в контексте контроля качества топлив, получаемых из ТРИЗ.

ИК-метод требует значительно меньшего объема пробы топлива и не нуждается в эталонных смесях, что позволяет выполнять частый контроль без изъятия топлива из оборота и без дополнительных затрат на эталонные смеси. Сокращение времени анализа даёт возможность проверять каждую партию непосредственно в местах хранения, отпуска и заправки, что особенно важно при потенциальной нестабильности бензинов, получаемых из ТРИЗ.

Важным преимуществом ИК-метода является его экологичность. В отличие от моторного метода, сопровождающегося выбросами ОГ, шумом, вибрацией и износом испытательного ДВС, ИК-спектроскопия не требует сжигания образцов топлив и полностью исключает эмиссию загрязняющих веществ в процессе контроля.

Указанные методы различаются и по возможности интеграции в инфраструктуру автомобильного транспорта. Моторный метод реализуется на стационарной лабораторной установке с одноцилиндровым ДВС, требующей специального помещения и высокой квалификации персонала. ИК-спектрофотометры, напротив, компактны и мобильны; их можно размещать непосредственно на АЗС, в автопарках, сервисных центрах, передвижных экологических лабораториях. Это открывает возможность для организации сквозного контроля качества топлив из ТРИЗ на всех этапах его движения – от нефтебазы до бака автомобиля.

Как следует из таблицы, стандартная ошибка предсказания ИК-метода (0,34 для октанового числа по исследовательскому методу (ОЧИ) и 0,30 – по моторному (ОЧМ) [9]) подтверждает достаточную точность ИК-метода для практического применения при контроле топлив из ТРИЗ.

Таким образом, функциональное назначение методов оказывается различным. Моторный метод сохраняет роль эталонного при сертификационных и арбитражных испытаниях. ИК-метод, обладая приемлемой для практических задач точностью, предлагается использовать для оперативного превентивного мониторинга. В условиях нестабильности топлив, получаемых из ТРИЗ, такая возможность непрерывного контроля в режиме реального времени становится критически важной.

Резюмируя данные таблицы, можно заключить, что ИК-спектроскопия в ближней области (1 100–1 300 нм) характеризуется минимальным объемом пробы топлива, отсутствием расхода эталонных смесей в процессе анализа, а также экологичностью, мобильностью, приемлемой точностью и оперативностью. Совокупность этих свойств делает её предпочтительным инструментом для организации распределённого экспресс-контроля октанового числа бензинов в условиях использования углеводородных ресурсов из ТРИЗ.

На этой основе в рамках данного исследования была разработана концептуальная модель системы оперативного контроля качества топлив, предназначенная для обеспечения эксплуатационной и экологической безопасности автомобильного транспорта в условиях использования углеводородов из ТРИЗ (рисунок). Модель построена по иерархически-сетевому принципу и включает четыре последовательных блока: исходные условия (проблемы), инновационное решение, единую распределённую систему мониторинга качества топлив и целевые результаты. Рассмотрим каждый блок подробнее.

Блок «Исходные условия» фиксирует три системных вызова. Во-первых, это трансформация сырьевой базы нефтедобычи в контексте увеличения доли ТРИЗ. Во-вторых, объективный риск нестабильности физико-химического состава получаемых бензинов. В-третьих, как следствие, недостаточность традиционного моторного метода контроля ОЧ бензина для оперативного предотвращения эксплуатационных и экологических рисков.

Блок «Инновационное решение» представляет собой ответы на указанные вызовы – внедрение распределённой сети экспресс-контроля на базе метода ИК-спектроскопии. Ключевые

чевыми свойствами решения являются высокая скорость, достаточная точность, экологичность и возможность проведения анализа непосредственно в точках обращения топлива.

Блок «Уровни внедрения» детализирует архитектуру предлагаемой системы. Здесь выделены четыре уровня единой распределённой системы мониторинга качества топлив:

- уровень распределения (АЗС, нефтебазы) – входной и выходной контроль партий;
- уровень эксплуатации (автопарки, сервисные центры) – контроль топлива в баках АТС и диагностика причин повышенной токсичности выбросов с ОГ;
- уровень надзора (мобильные лаборатории экологической инспекции) – рейдовые проверки качества топлив;
- уровень адаптации системы технического обслуживания (ТО) – корректировка регламентов ТО и оптимизация структуры парка на основе данных мониторинга.



Рисунок – Концептуальная модель системы оперативного контроля качества топлив для обеспечения эксплуатационной и экологической безопасности автомобильного транспорта в условиях использования трудноизвлекаемых запасов углеводородов

Блок «Целевые результаты» суммирует ожидаемые эффекты от реализации модели: гарантированное поддержание ОЧ в пределах нормативных значений; снижение интенсивности износа двигателей и увеличение их ресурса; соблюдение экологических стандартов (включая требования «Евро»); формирование доказательной базы для природоохранного мониторинга; экономия затрат на ремонты и оптимизацию технической эксплуатации АТС.

Таким образом, модель показывает, что переход к распределённому ИК-контролю создаёт основу для достижения главной цели – эксплуатационной и экологической безопасности автомобильного транспорта в условиях трансформации сырьевой базы нефтедобычи. Предлагаемая архитектура благодаря взаимодействию всех элементов способна дать синергетический эффект, необходимый для гарантированного достижения целевых показателей.

Выводы

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Трансформация сырьевой базы нефтедобычи в сторону увеличения доли трудноизвлекаемых запасов создаёт риски нестабильности детонационной стойкости бензинов, влияющие на эксплуатационную надёжность и экологичность (рост CO , NO_x , C_mH_n) автомобильного транспорта.

2. Традиционный моторный метод (ГОСТ 511-2022), оставаясь эталонным для сертификационных испытаний, обладает ограничениями, не позволяющими эффективно использовать его для оперативного выявления и предотвращения попадания некондиционного топлива в эксплуатацию. В связи с этим целесообразно сохранить его для арбитражных процедур, а для целей текущего мониторинга применять альтернативные подходы.

3. В качестве научно обоснованного и технологически реализуемого решения предлагается создание распределённой сети экспресс-контроля на базе метода ближней ИК-спектроскопии. Основные преимущества метода – время анализа 1–5 минут, отсутствие вредных выбросов с отработавшими газами, возможность размещения оборудования на автозаправочных станциях, в автопарках, передвижных лабораториях и т. д. Это позволит организовать непрерывное наблюдение за октановым числом автомобильных бензинов в режиме реального времени.

4. Внедрение инновационных методов контроля качества топлив становится действенным инструментом обеспечения эксплуатационной безопасности (предотвращение детонации в ДВС и связанного с ней износа) и экологической безопасности (снижение токсичности отработавших газов). Это создаёт основу для повышения надёжности и экологической устойчивости автотранспортного комплекса в целом.

Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.

Список литературы

1. Сытник, Е. С. Техносферная безопасность автомобильного транспорта в условиях трансформации сырьевой базы и технологий нефтедобычи / Е. С. Сытник, Д. Ю. Пашенко. – Текст : электронный // Донецкие чтения – 2025: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы X Международной научной конференции, посвященной 60-летию создания Донецкого научного центра, Донецк, 05–07 ноября 2025 года. – Донецк : Изд-во ДонГУ, 2025. – Т. 2. – С. 64–67. – EDN JPYUGM. – URL: <https://science.donnu.ru/wp-content/uploads/2025/11/dch-2025-tom-2-fizicheskie-tehnicheskie-i-kompyuternye-nauki.pdf> (дата обращения: 22.04.2026).
2. Трофименко, А. Спасение от истощения. Что такое трудноизвлекаемые запасы углеводородов / А. Трофименко. – Текст : электронный // БКС Экспресс. – URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/spasenie-ot-istoshcheniia-cto-takoe-trudnoizvlekaemye-zapasy-uglevodorodov>. – Дата публикации: 01.07.2025.
3. Рахманбердиев, А. Трудноизвлекаемые запасы нефти / А. Рахманбердиев, С. Жанмурзаев, М. Дурдыев. – Текст : электронный // Фундаментальные и прикладные исследования в науке и образовании : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Стерлитамак, 24 сентября 2023 года. – Стерлитамак : Агентство международных исследований, 2023. – С. 10–11. – EDN KLJBNJ. – URL: <https://elibrary.ru/kljbnj> (дата обращения: 22.04.2026).
4. ГОСТ 511-2022. Топливо для двигателей. Моторный метод определения октанового числа : межгосударственный стандарт : внесен Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии : введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 декабря 2022 г. № 1587-ст. : взамен ГОСТ 511-2015. : дата введения в качестве национального стандарта : 01.07.2023 / разработан Акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке нефти». – Москва : Стандартинформ, 2022. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200195039> (дата введения: 23.04.2026). – Текст : электронный.
5. Гуреев, А. А. Автомобильные бензины. Свойства и применение / А. А. Гуреев, В. С. Азев. – Москва : Нефть и газ, 1996. – 444 с. – ISBN 5-7246-0027-7.
6. Воинов, А. Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях / А. Н. Воинов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1977. – 277 с.
7. О возобновляемости запасов нефти и газов на основе новых научных концепций нефтегазообразования / А. И. Агафонов, Р. А. Агафонов, А. Г. Пивкин [и др.] // Бурение и нефть. – 2010. – № 10. – С. 12–14.
8. Отто, М. Современные методы аналитической химии / М. Отто. – Москва : Техносфера, 2021. – 656 с. – ISBN 978-5-94836-615-9.

9. Bohács, Gy. Prediction of Gasoline Properties with near Infrared Spectroscopy / Gy. Bohács, Z. Ovádi, A. Salgó. – DOI: 10.1255/jnirs.155. – Текст : электронный // Journal of Near Infrared Spectroscopy. – 1998. – Vol. 6, Iss. 1. – P. 341–348. – URL: <https://opg.optica.org/jnirs/abstract.cfm?URI=jnirs-6-1-341> (дата обращения: 30.04.2026).
10. Сытник, Е. С. ИК-спектральная оценка октановых чисел бензинов – инновационный подход в решении экологических проблем автотранспортной отрасли / Е. С. Сытник. – Текст : электронный // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса : материалы X Международной научно-практической конференции, в рамках 10-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики, Горловка, 31 мая 2024 года. – Горловка : АДИ ДонНТУ, 2024. – С. 67–71. – EDN BFIHCZ. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=71603660> (дата обращения: 23.04.2026).
11. Сытник, Е. С. ИК-спектроскопическое определение детонационной стойкости бензинов – новая концепция в экологизации автотранспорта и его инфраструктуры / Е. С. Сытник. – Текст : электронный // Донецкие чтения 2024: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы IX Международной научной конференции, Донецк, 15–17 октября 2024 года. – Т. 2, Ч. 1. – Донецк : Изд-во ДонГУ, 2024. – С. 71–74. – EDN ORAITM. – URL: <https://science.donnu.ru/wp-content/uploads/2024/10/dch-2024-tom-2-fizicheskie-himicheskie-tehnicheskie-i-kompyuternye-nauki.-chast-1.pdf> (дата обращения: 24.04.2026).

References

1. Sytnik E. S. Technosphere Safety of Road Transport in the Context of the Transformation of the Raw Material Base and Oil Production Technologies. E. S. Sytnik, D. Yu. Pashchenko. Donetsk Readings – 2025: Education, Science, Innovation, Culture, and Modern Challenges : Proceedings of the 10th International Scientific Conference Dedicated to the 60th Anniversary of the Donetsk Scientific Center, Donetsk, November 5–7, 2025. Donetsk : DonSU Publishing House, 2025. Vol. 2, Pp. 64–67. EDN JPYUGM. (In Russ.) URL: <https://science.donnu.ru/wp-content/uploads/2025/11/dch-2025-tom-2-fizicheskie-tehnicheskie-i-kompyuternye-nauki.pdf>
2. Trofimenko A. Salvation from Depletion. What are Hard-to-Recover Hydrocarbon Reserves? BCS Express. (In Russ.) URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/spasenie-ot-istoshcheniia-cto-takoe-trudnoizvlekaemye-zapasy-uglevodorodov>
3. Rakhmanberdiev A. Hard-to-Recover Oil Reserves. A. Rakhmanberdiev, S. Zhanmurzaev, M. Durdyev. Fundamental and Applied Research in Science and Education : A Collection of Articles from the International Scientific and Practical Conference, Sterlitamak, September 24, 2023. Sterlitamak : International Research Agency, 2023. Pp. 10–11. EDN KLJBNJ. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/kljbnj>
4. GOST 511-2022. Engine Fuel. Motor Method for Determining Octane Number : interstate standard : introduced by the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology : put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 26, 2022, No. 1587-st. : replaces GOST 511-2015. : date of introduction as a national standard : July 1, 2023, developed by the All-Russian Research Institute for Oil Refining. Moscow : Standartinform, 2022. (In Russ.) URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200195039>
5. Gureev A. A. Automotive Gasolines. Properties and Applications. A. A. Gureev, V. S. Azev. Moscow : Neft i Gaz, 1996. 444 p. ISBN 5-7246-0027-7. (In Russ.)
6. Voinov A. N. Combustion in High-Speed Piston Engines. 2nd edition, revised and expanded. Moscow : Mashinostroenie, 1977. 277 p. (In Russ.)
7. On the Renewability of Oil and Gas Reserves Based on New Scientific Concepts of Oil and Gas Formation. A. I. Agafonov, R. A. Agafonov, A. G. Pivkin [et al.]. Burenie i neft'. [Drilling and Oil]. 2010. № 10. Pp. 12–14. (In Russ.)
8. Otto M. Modern Methods of Analytical Chemistry. Moscow : Tekhnosfera, 2021. 656 p. ISBN 978-5-94836-615-9. (In Russ.)
9. Bohács Gy. Prediction of Gasoline Properties with Near Infrared Spectroscopy. Gy. Bohács, Z. Ovádi, A. Salgó. DOI: 10.1255/jnirs.155. Journal of Near Infrared Spectroscopy. 1998. Vol. 6, Iss. 1. Pp. 341–348. (In Eng.) URL: <https://opg.optica.org/jnirs/abstract.cfm?URI=jnirs-6-1-341>
10. Sytnik E. S. IR Spectral Assessment of Gasoline Octane Numbers – An Innovative Approach to Solving Environmental Problems in the Automotive Industry. Scientific and Technical Aspects of the Development of the Automotive Complex : Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference, part of the 10th International Scientific Forum of the Donetsk People's Republic, Gorlovka, May 31, 2024. Gorlovka : ARI DonNTU, 2024. Pp. 67–71. EDN BFIHCZ. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=71603660>
11. Sytnik E. S. IR Spectroscopic Determination of Gasoline Knock Resistance – A New Concept in Greening Motor Vehicles and Their Infrastructure. Donetsk Readings 2024 : Education, Science, Innovation, Culture, and Modern Challenges : Proceedings of the IX International Scientific Conference, Donetsk, October 15–17, 2024. Vol. 2, p. 1. Donetsk : DonSU Publishing House, 2024. Pp. 71–74. EDN ORAITM. (In Russ.) URL: <https://science.donnu.ru/wp-content/uploads/2024/10/dch-2024-tom-2-fizicheskie-himicheskie-tehnicheskie-i-kompyuternye-nauki.-chast-1.pdf>

Статья поступила 12.05.2026

© Е. С. Сытник, 2026

Рецензент: А. В. Петров, канд. тех. наук, доц.,

АНО ВО «Донецкая академия транспорта», г. Донецк

Е. С. Сытник

Распределённая сеть экспресс-контроля топлив как инструмент обеспечения безопасности автотранспорта при разработке трудноизвлекаемых запасов нефти

Трансформация сырьевой базы нефтедобычи в сторону увеличения доли трудноизвлекаемых запасов создаёт риски нестабильности детонационной стойкости автомобильных бензинов. Традиционный моторный метод контроля октанового числа является эталонным, но он не применим для оперативного мониторинга на объектах топливной инфраструктуры из-за длительности, жёсткой привязки к лабораторному помещению с испытательной установкой и экологической нагрузки.

В работе обоснована концепция распределённой сети экспресс-контроля октанового числа бензинов методом ближней инфракрасной (ИК) спектроскопии для обеспечения эксплуатационной и экологической безопасности автомобильного транспорта в условиях использования углеводородов из трудноизвлекаемых запасов.

В исследовании применялись следующие методы: теоретический сравнительный анализ моторного и ИК-спектроскопического методов на основе обобщения опубликованных данных, системный анализ и концептуальное моделирование распределённой системы мониторинга качества топлив.

Показано, что метод ближней ИК-спектроскопии обеспечивает высокую оперативность анализа, не требует эталонных смесей и сжигания пробы топлива, экологически безопасен. По обобщённым опубликованным данным, точность прогнозирования октанового числа ИК-методом делает его пригодным для превентивного контроля.

Разработана концептуальная иерархически-сетевая модель распределённой системы мониторинга, включающая уровни распределения (нефтебазы, АЗС), эксплуатации (автопарки, сервисные центры), надзора (мобильные лаборатории) и адаптации системы технического обслуживания автомобильного транспорта.

Внедрение распределённой сети ИК-спектроскопического контроля качества топлив позволит в режиме реального времени выявлять некондиционные топлива, предотвращать детонационное сгорание, снижать интенсивность износа двигателей и токсичность отработавших газов, что делает его действенным инструментом обеспечения эксплуатационной и экологической безопасности автотранспортного комплекса и создаёт основу для повышения надёжности, долговечности двигателей и экологической устойчивости в условиях освоения трудноизвлекаемых углеводородов.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ, ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫЕ ЗАПАСЫ НЕФТИ, ТРИЗ, ОКТАНОВОЕ ЧИСЛО, ДЕТОНАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ, ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ, ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ, МОНИТОРИНГ, ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

E. S. Sytnik

Distributed Fuel Monitoring Network as a Tool for Ensuring Vehicle Safety During the Development of Hard-to-Recover Oil Reserves

The transformation of the raw material base for oil production towards an increase in the share of hard-to-recover reserves creates risks of instability in the detonation resistance of motor gasoline. The traditional motor method of octane number control is the standard, but it is not applicable for operational monitoring at fuel infrastructure facilities due to its time-consuming nature, strict connection to a laboratory room with a test rig, and environmental impact.

The paper substantiates the concept of the distributed network for express monitoring of the octane number of gasoline using near infrared (IR) spectroscopy to ensure the operational and environmental safety of motor vehicles in conditions of using hydrocarbons from hard-to-recover reserves.

The following methods were used in the study: theoretical comparative analysis of motor and IR spectroscopic methods based on the generalization of published data, systems analysis and conceptual modelling of the distributed fuel quality monitoring system.

Near-infrared spectroscopy has been shown to provide rapid analysis, eliminate the need for reference mixtures or sample combustion, and is environmentally safe. According to published data, the accuracy of octane number prediction using IR makes it suitable for preventive monitoring.

The conceptual hierarchical network model of the distributed monitoring system is developed, including levels of distribution (oil depots, gas stations), operation (fleets, service centers), supervision (mobile laboratories), and adaptation of the vehicle maintenance system.

The implementation of the distributed network for IR spectroscopic fuel quality control will enable real-time detection of substandard fuels, prevent detonation combustion, reduce engine wear and exhaust gas toxicity, making it an effective tool for ensuring the operational and environmental safety of the motor transport complex and creating the basis for increasing engine reliability, durability, and environmental sustainability in the context of developing hard-to-recover hydrocarbons.

AUTOMOBILE TRANSPORT, HARD-TO-RECOVER OIL RESERVES, OCTANE NUMBER, DETONATION RESISTANCE, IR SPECTROSCOPY, RAPID ANALYSIS, MONITORING, OPERATIONAL SAFETY, ENVIRONMENTAL SAFETY

Сведения об авторе:**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

Author's information:**Sytnik Elena Sergeevna**

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Chair "Automobile Transport" of Automobile and Road Institute 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

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ

УДК 624.15

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.20732223>

Т. И. Бурлаченко, Е. А. Борисова

Государственное бюджетное учреждение «Донгипрошахт», г. Донецк

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ФУНДАМЕНТОВ МОНТАЖНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПЛОЩАДОК В СОСТАВЕ ВОДООТЛИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме угрозы подтопления территорий Донецкого региона при ликвидации шахт. В качестве одного из ключевых предложений выдвигается идея применения нестандартного подхода к устройству фундаментов для монтажно-эксплуатационных площадок вокруг уже существующей крепи, что, по мнению авторов, значительно повысит надежность и срок службы возводимых конструкций. Приведен алгоритм расчёта, который может быть успешно применен проектировщиками при работе с шахтами других регионов, сталкивающимися с аналогичными задачами.

Ключевые слова: фундамент, крепь, балка, монтажно-эксплуатационная площадка, водоотливной комплекс

Для цитирования: Бурлаченко, Т. И. Особенности проектирования и строительства фундаментов монтажно-эксплуатационных площадок в составе водоотливных комплексов / Т. И. Бурлаченко, Е. А. Борисова // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2026. – № 1(56). – С. 27–37. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20732223>.

Введение

В настоящее время в связи с массовым закрытием угольных шахт остро стоит вопрос угрозы затопления шахтных выработок и прилегающих территорий, что в свою очередь несет существенные проблемы экологического и техногенного характера. Во избежание угрозы подтопления территорий, прилегающих к ликвидируемым шахтам, необходимо проведение ряда мероприятий, не допускающих таких последствий. Решением вопроса является строительство водоотливных комплексов.

Анализ исследований и публикаций

Детальный анализ существующих публикаций показывает, что особое внимание при проектировании водоотливных комплексов уделено непосредственно вариантам оснащения погружными насосными агрегатами [1], вопросам электропотребления [2] и, как отдельный обширный пласт научных публикаций, – вопросам экологических последствий [3, 4] в связи с ликвидацией и консервацией угольных предприятий. Однако отсутствуют решения по устройству опорных конструкций водоотливных комплексов (ВОК) на поверхности главных балок монтажно-эксплуатационных площадок (МЭП), фундаментов и площадок для установок УПА-60А 60/80.

Ведущими проектными горными институтами по проектированию предприятий угольной промышленности, такими как «Гипроуголь» [5], «Ростовгипрошахт», «Донгипрошахт» и др., наработан обширный опыт в области проектирования ВОК, но проблема опорных конструкций, расположенных на поверхности для погружных насосов недостаточно освещена. Опыт эксплуатации водоотливных комплексов на шахтах включает работу с нормативными требованиями, внедрением технологий, решением проблем и контролем за работой комплексов.

Цель работы – обосновать эффективность применения на практике конструкций фундамента, разработанного в «Донгипрошахт» для решения проблем подтопления территорий при ликвидации шахт.

Основная часть

Согласно временных норм технологического проектирования водоотливных комплексов ликвидируемых угольных шахт с применением погружных насосов ВНТП 1-2000 [6], может быть применен подземный монтаж погружных насосных агрегатов с откачкой воды через стационарные напорные скважины труб, проложенные в стволе. При этом варианте требуется присутствие людей в стволе для обслуживания насосов, что создаёт дополнительные неудобства.

Все работы, связанные с монтажом, демонтажем и обслуживанием погружных насосных агрегатов, предпочтительно выполнять с поверхности земли. В связи с этим возникла необходимость разработки вариантов ВОК, расположенных на поверхности.

Строительство водоотливных комплексов с погружными насосами даёт возможность решить эту проблему. Такие комплексы, разработанные институтом «Донгипрошахт», на территории ДНР уже успешно функционируют.

Одной из особенностей этих комплексов стали фундаменты монолитные железобетонные кольцевого сечения (рисунок 1), сооружаемые вокруг существующей крепи ствола (рисунок 2) [7].

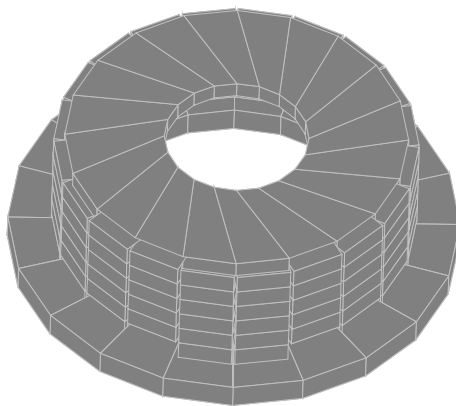


Рисунок 1 – Общий вид фундамента

Важность таких сооружений заключается в предотвращении техногенных катастроф, связанных с прорывом шахтных вод и затоплением населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий. Монолитные железобетонные фундаменты кольцевого сечения, благодаря своей конструктивной прочности и долговечности, гарантируют долгосрочную работоспособность водоотливных комплексов даже в условиях агрессивного воздействия подземных вод.

Успешное применение данных разработок в ДНР подтверждает их практическую ценность и возможность дальнейшего распространения на других угольных бассейнах. Таким образом исследование вносит существенный вклад в обеспечение экологической безопасности и устойчивого развития регионов, пострадавших от ликвидации угольных предприятий.

В контексте масштабирования опыта, разработанного институтом «Донгипрошахт», важно подчеркнуть адаптивность данной технологии к различным геологическим и гидрогеологическим условиям. Проектирование фундаментов может быть оптимизировано с учётом специфики каждого конкретного угольного бассейна, что позволяет добиться максимальной эффективности при минимальных затратах. Это делает решение не только технически обоснованным, но и экономически привлекательным для широкого круга потенциальных пользователей.

Инновационность предложенного решения заключается также в его сравнительной простоте и технологичности. Возведение монолитных железобетонных фундаментов кольцевого сечения не требует применения сложного или специализированного оборудования, что ускоряет процесс строительства и снижает его общую стоимость. Этот аспект, в сочетании с высокой надежностью, делает данную разработку одним из наиболее перспективных направлений в области ликвидации последствий горнодобывающей деятельности.

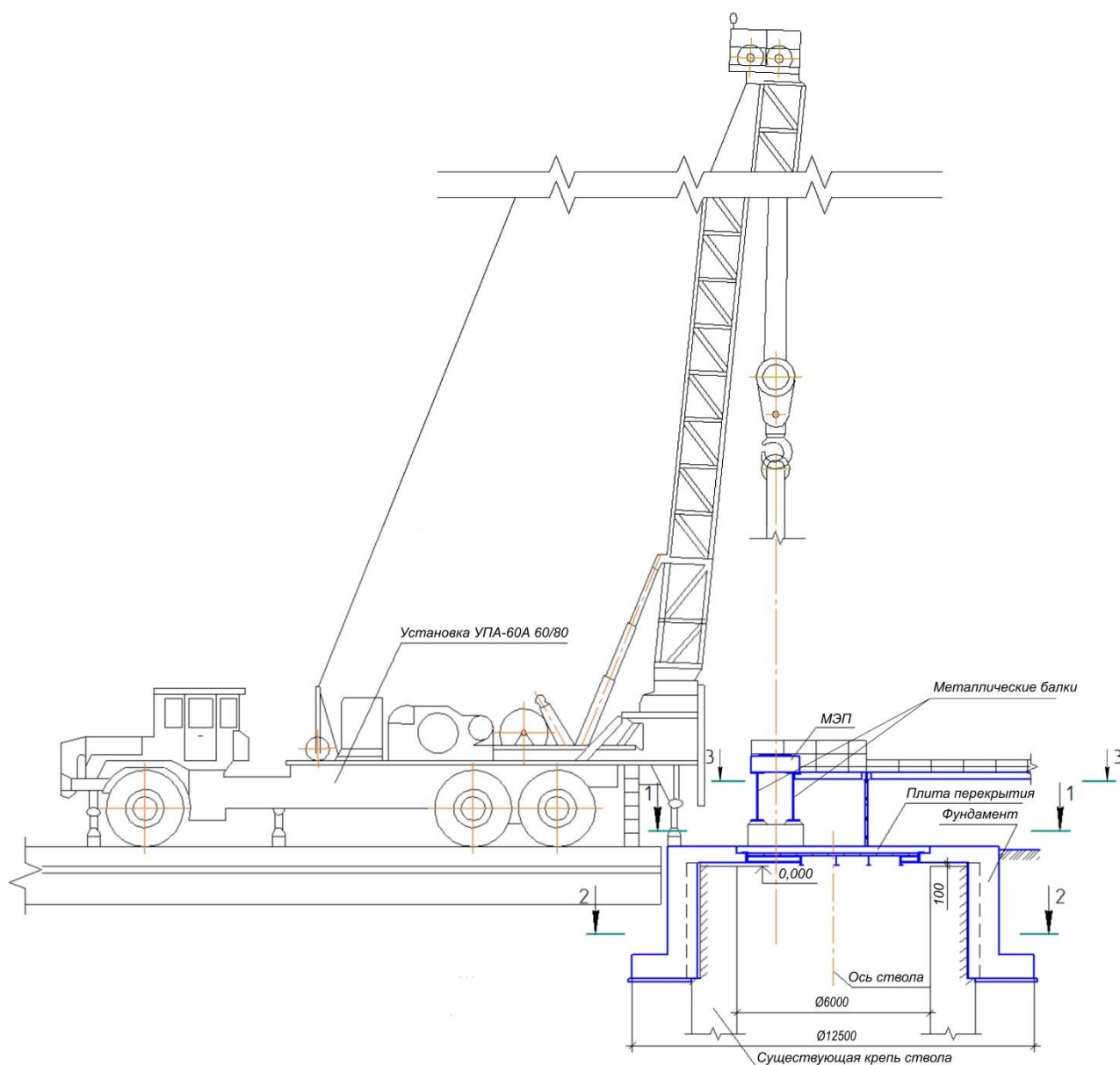


Рисунок 2 – Устройство фундамента под МЭП

Работы по устройству фундамента монтажно-эксплуатационных площадок необходимо начинать с демонтажа существующего надшахтного здания и копра.

В соответствии с методологией обследования шахтных выработок, предложенной В. Т. Гроздовым [8], процесс оценки состояния крепи начинается с предоставления шахтой проектно-технической документации. Этот этап является ключевым, поскольку позволяет получить исходные данные о конструкции крепи, использованных материалах и предполагаемых нагрузках. В случае отсутствия или неполноты проектной документации, что является распространенной проблемой на старых или реконструированных шахтах, проводится комплекс работ по обмеру существующих конструкций.

В процессе обмерочных работ определяется положение существующей крепи ствола (отметка верха и конструкция крепи, её состояние, диаметр существующего ствола, геологическое строение грунтов в районе существующего ствола). Во время проходки ствола структура слоев грунта нарушается, затем производится обратная засыпка. Проектируемые фундаменты опираются на насыпные слежавшиеся грунты. Исходя из этого, для расчёта принимается расчётное сопротивление грунтов 10 т/м^2 . Учитывая все выше перечисленные данные,

назначаются габариты проектируемого фундамента. Для придания необходимой пространственной жёсткости запроектирован фундамент кольцевого сечения с пилястрами по внутренней поверхности кольца.

Фундамент воспринимает самостоятельно нагрузки от МЭП, игнорируя существующую крепь ствола. В связи с тем, что установка УПА-60А 60/80 задними упорами становится на фундамент (рисунок 2), верхняя часть его запроектирована усиленной для восприятия нагрузки от упоров установки. Усиление зависит от того, на какое расстояние к стволу может приблизиться установка для подачи водоотливных труб в ствол. В местах крепления главных металлических балок МЭП высота фундамента увеличивается в зависимости от высоты расчётного сечения балок. Крепление балок к фундаменту осуществляется на болтах, которые устанавливаются при бетонировании фундамента.

Фундамент рассчитан на нагрузки [9] от МЭП, установки УПА-60А 60/80, временной нагрузки на плиту перекрытия (рисунок 3), которая по периметру опирается на фундамент.

Нагрузки от главных металлических балок приняты без учёта трехкратного запаса прочности в связи с тем, что они носят кратковременный характер. Для большей устойчивости и надежности работы фундамента предусмотрены пилястры (рисунок 4).

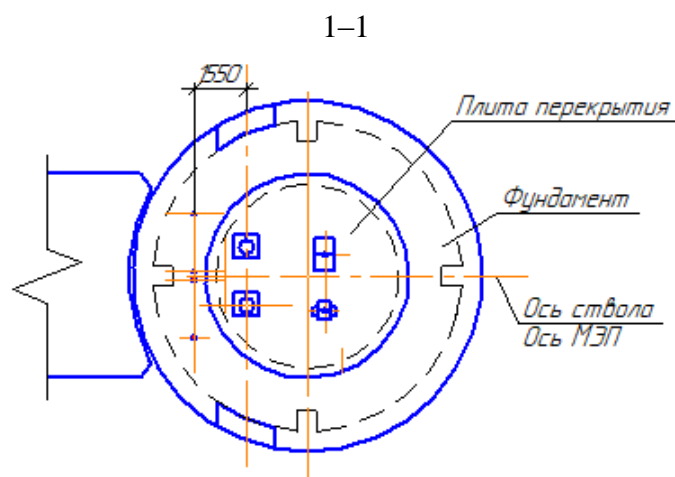


Рисунок 3 – Сечение 1–1

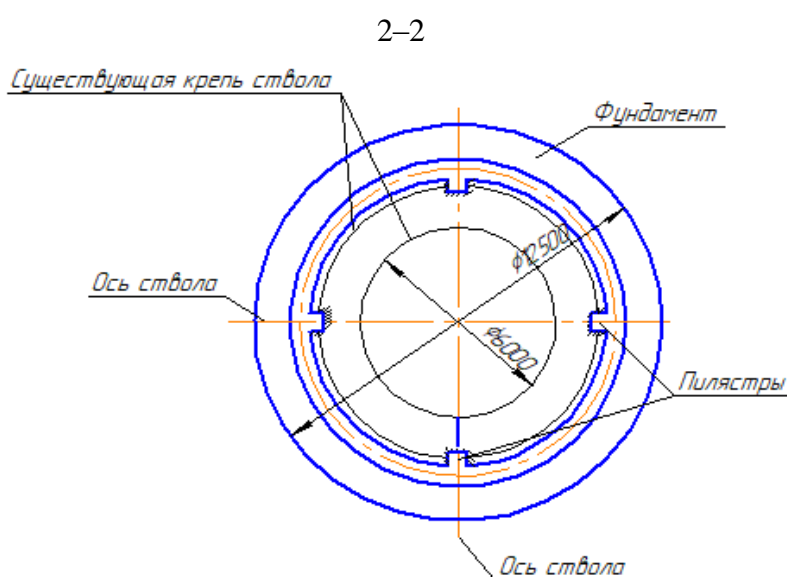


Рисунок 4 – Сечение 2–2

Предлагаемое решение устройства кольцевого фундамента и доставки труб в ствол с применением установки УПА экономически более эффективно в сравнении с вариантом использования для этих целей существующего копра.

Установка УПА мобильна, она необходима только на период монтажа и демонтажа труб и может быть использована на строительстве других водоотливных комплексах шахт. Использование существующего копра для этих целей влечет за собой затраты на постоянное содержание его конструкций в должном состоянии.

Методика расчёта главных балок монтажно-эксплуатационной площадки

Общие указания по расчёту

В связи с воздействием на главные балки МЭП (рисунок 5) динамических нагрузок, эти балки относятся к конструкциям 1-го класса, их расчёт выполняется в пределах упругих деформаций в соответствии с п.п. 4.2.7 и 8.1 [10].

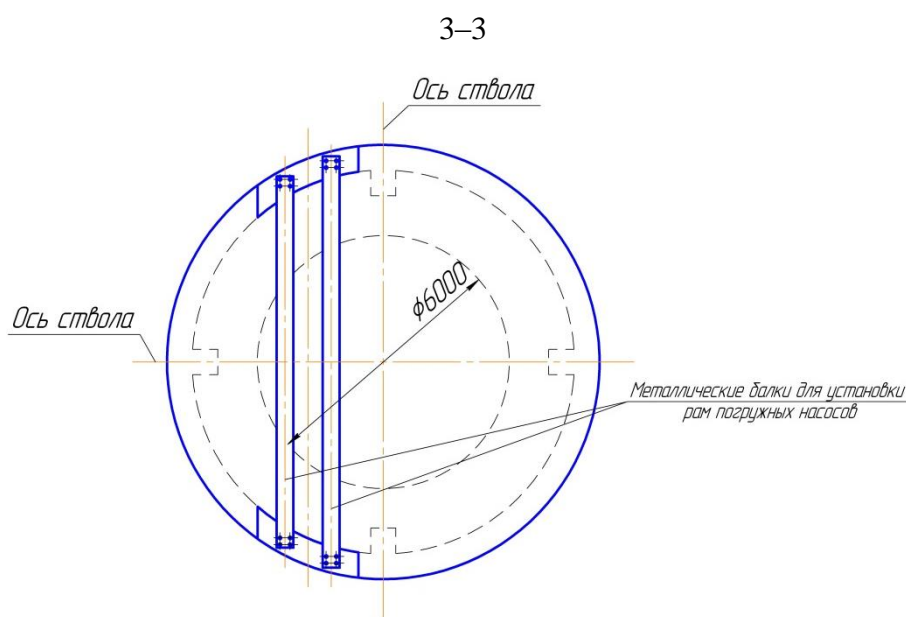


Рисунок 5 – Сечение 3–3

Расчёт главных балок монтажно-эксплуатационных площадок должен быть выполнен по первой и второй группам предельных состояний на прочность и прогиб в соответствии с требованиями [9] и [10]. При этом следует обеспечить трёхкратный запас прочности этих балок относительно временного сопротивления металла балок согласно п. 7.1.5 [11], т. е. в принятом сечении главных балок при расчёте на прочность должны возникать напряжения в три раза меньшие величины расчётного сопротивления металла балок относительно временного сопротивления.

Расчёт главных балок по первой группе предельных состояний на прочность выполняется в соответствии с [10] по формулам 41 и 42. При этом, исходя из формулы 41, требуемое сечение главных балок, соответствующее $W_{n,min}$, должно быть получено после подстановки в эту формулу вместо расчётного сопротивления металла балки по пределу текучести R_y величины, равной $\frac{1}{3}$ значения расчётного сопротивления металла балок относительно временного сопротивления R_u .

Расчётные величины изгибающего момента M и поперечной силы Q в сечениях балки определяются при наиболее неблагоприятных сочетаниях нагрузок, в которые помимо

постоянных и временных длительных нагрузок входят и кратковременные нагрузки. Коэффициенты сочетаний для временных длительных нагрузок $\psi_1 = 0,95$, для кратковременных нагрузок $\psi_2 = 0,9$. При этом нагрузки от веса людей и ремонтных материалов при монтаже/демонтаже погружных насосов и снеговая нагрузка в одно сочетание входить не должны.

Общая устойчивость главных балок МЭП обеспечивается приваркой к их верхнему сжато-растянутому поясу настила сплошными швами в соответствии с п. 14.1.10 [10].

Местная устойчивость стенок главных балок обеспечивается приваренными двусторонними основными поперечными рёбрами жёсткости и опорными рёбрами. При этом поперечные рёбра жёсткости следует устанавливать в местах опирания на балки рам (стульев) под элеваторы и на участок балок, где условная гибкость стенок превышает 3,2. Опорные рёбра предусматриваются на опорах со смещением от торцов балок для организации узла их крепления анкерными болтами. Подбор максимального расстояния между поперечными рёбрами жёсткости, минимальной ширины выступающей части их и опорных рёбер, а также их расчёт выполняются в соответствии с указаниями п.п. 8.5.9–8.5.18 [10].

Местная устойчивость сжатых поясов главных балок обеспечивается в соответствии с п. 8.5.18 [10].

Расчёт главных балок по второй группе предельных состояний (определение относительных прогибов) выполняется с использованием нагрузок, численно равных характеристическим. При этом граничное значение прогибов принимается $\frac{1}{250}$ в соответствии с п. 4.2.2 [10] и п. Д. 2.1 приложения Д [9].

Выбор стали для МЭП

Выбор стали выполняется в соответствии с требованиями п.п. 4.2.7; 5.1; 5.2 [10], а также [12]. Согласно этим требованиям для конструкций МЭП принимаются:

- класс сооружений на площадке ВОК – КС-2;
- группа конструкций для главных балок МЭП-1;
- группа конструкций для настила МЭП-3.

В соответствии с принятыми группами и требованиями п. 5.3 [10] используются марки сталей, указанные в [13]:

- для главных балок МЭП, опорных площадок марка стали не ниже С255;
- для настила МЭП, опорных балок – не ниже С245.

Нагрузки, учитываемые в расчёте

Расчёт главных балок МЭП выполняется на приведенные ниже нагрузки:

Постоянные нагрузки:

- вес строительных конструкций (п. 5.3а [9]).

Временные длительные нагрузки:

- вес насосов, трубопроводов и воды в них (п. 5.4б [9]).

Кратковременные нагрузки:

- нагрузка от гидроудара (п. 5.5а [9]);
- нагрузка от веса людей и ремонтных материалов при монтаже (демонтаже) водоподъемных колонн (п. 5.5б [9]);
- снеговая нагрузка (п. 5.5е [9]).

Технологические нагрузки от веса насосов, трубопроводов и воды в них, нагрузка от гидроудара и от веса людей и ремонтных материалов при монтаже-демонтаже погружных насосов, полученные от технологов в качестве задания, следует считать характеристическими.

Для учёта нагрузок их характеристические значения должны быть умножены на коэффициент надёжности по ответственности γ_n и коэффициент надёжности по нагрузке γ_f , в соответствии с п. 10.1 [12]. Коэффициенты γ_f принимаются в соответствии с [9].

Порядок расчёта главных балок МЭП

Для расчёта главных балок МЭП принимается ориентировочное сечение балок с учётом пропуска между ними насосного агрегата, и определяются расчётные значения действующих нагрузок.

Определяются максимальные величины поперечной силы Q и изгибающего момента M .

Определяется требуемый минимальный момент сопротивления сечения балок $W_{n,\min}$,

используя формулу 41 [10], с введением в неё вместо R_y значения $\frac{R_u}{3}$:

$$W_{n,\min} = \frac{3M}{R_u \cdot \gamma_c} \cdot \gamma_c \text{ и } R_u \text{ – в соответствии с таблицами 1 и В.3 [10].}$$

Принимается материал, а также сечение балок, для которого момент сопротивления максимально близок к $W_{n,\min}$, и для этого сечения определяются момент инерции I , момент сопротивления W и статический момент сдвигаемой части сечения относительно нейтральной оси S .

Уточняются значения поперечной силы Q_y и изгибающего момента M_y , с учётом собственного веса балки принятого сечения.

Определяются максимальные нормальные напряжения $\sigma_{\max} = \frac{M_y}{W}$ и проверяется

выполнение условия 3-кратного запаса прочности для принятого сечения: $\frac{R_u}{\sigma_{\max}} \geq 3$ и

$$\frac{I \cdot t_w \cdot R_s \cdot \gamma_c}{Q \cdot S} \geq 3.$$

Проверяется выполнение условия предельного относительного прогиба.

Выполняются расчёты по обеспечению местной устойчивости стенки и сжатых поясов балок в соответствии с п. 8.5.9–8.5.18 [10].

Выводы

Фундаменты монтажно-эксплуатационных площадок водоотливных комплексов описанного типа уже успешно прошли стадию опытно-промышленной эксплуатации и нашли свое применение на ряде действующих угольных шахт. Их отличительными особенностями являются простота технологического цикла изготовления, что делает их доступными и экономически выгодными, а также доказанная высокая эффективность и устойчивость при работе под значительными эксплуатационными нагрузками. Эти характеристики делают их перспективным решением для дальнейшего применения в аналогичных условиях.

Следует отметить, что эффективность монолитных железобетонных фундаментов кольцевого сечения не ограничивается только их прочностью и устойчивостью. Их конструкция позволяет интегрировать в себя различные функциональные элементы, такие, как например, системы контроля уровня воды, вентиляцию стволов, что делает водоотливные комплексы более самодостаточными и удобными в эксплуатации. Это снижает потребность в дополнительных строительных работах и упрощает обслуживание, что особенно важно в условиях, удаленных или труднодоступных ликвидируемых шахт.

В перспективе дальнейших исследований в данном направлении планируется усовершенствование конструкций ВОК (применение более эффективных строительных материалов), способов технических решений водоотливных комплексов с применением проходческих копров, существующих башенных копров.

Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.

Список литературы

1. Романов, В. А. Безопасная и экономичная эксплуатация водоотливных установок ликвидируемых шахт / В. А. Романов, С. А. Нижников. – Текст : электронный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 6. – С. 158–163. – EDN UOIZKH. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24418296> (дата обращения: 10.02.2026).
2. Тимухин, С. А. Проблемы проектирования и эксплуатации комплексов шахтного водоотлива / С. А. Тимухин, А. В. Угольников, А. В. Долганов. – Текст : электронный // Известия Уральского государственного горного университета. – 2014. – № 3(35). – С. 68–73. – EDN STBOVV. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22257438> (дата обращения: 11.02.2026).
3. Мирошниченко, И. М. Анализ последствий ликвидации шахт в Восточном Донбассе / И. М. Мирошниченко. – Текст : электронный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 9. – С. 93–96. – EDN HZVADD. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9496321> (дата обращения: 12.02.2026).
4. Экологические последствия ликвидации шахт Восточного Донбасса и необходимость совершенствования системы экомониторинга / Г. Ю. Коломенский, Л. В. Гипич, В. Г. Коломенская [и др.]. – Текст : электронный // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2006. – № 2(134). – С. 79–82. – EDN HTLFON. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9204927> (дата обращения: 13.02.2026).
5. Белокопытов, П. И. Опыт проектирования водоотливных комплексов / П. И. Белокопытов, И. С. Пешков, Л. В. Исаков. – Текст : электронный // ГИПРОУГОЛЬ : Горный институт по проектированию предприятий угольной промышленности : [сайт]. – URL: <http://giprougol.ru/technologies/articles/dischargecomplexes/> (дата обращения: 16.02.2026).
6. ВНТП 1-2000. Временные нормы технологического проектирования водоотливных комплексов ликвидируемых угольных шахт с применением погружных насосов : утверждены комитетом угольной промышленности : Приказ от 8 декабря 2000 г. № 279 : согласованы Ростехнадзором России от 4 декабря 2000 г. : дата введения 01.01.2001 г. / разработаны институтом «Шахтопроект». – Санкт-Петербург, 2000. – 12 с. – URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/4d2/4293751886.pdf#page=1&zoom=auto,-361,606> (дата обращения: 17.02.2026). – Текст : электронный.
7. СП 63.13330.2018. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. № 832/пр : введен в действие с 20 июня 2019 г. / разработан АО «НИЦ «Строительство» – НИИЖБ им. А. А. Гвоздева. – Москва : Стандартинформ, 2019. – URL: https://anoalpha.ru/upload/iblock/58c/mjvzjkirysdmzq31jd53bipez0mxsqd5/SP_63.13330.2018_-2.pdf (дата обращения : 18.02.2026). – Текст : электронный.
8. Гроздов, В. Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений / В. Т. Гроздов. – Санкт-Петербург : Издательский Дом RN+, 2001. – 140 с. – ISBN 5-94034-018-0.
9. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция. СНиП 2.01.07-85 : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 декабря 2016 г. № 891/пр : введен в действие с 4 июня 2017 г. / разработан ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» при участии ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова». – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=470938> (дата обращения: 19.02.2026). – Текст : электронный.
10. СП 16.13330.2017. Свод правил. Стальные конструкции. Актуализированная редакция. СНиП II-23-81 : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. № 126/пр : введен в действие с 28.08.2017 г. / разработан АО «НИЦ «Строительство» – ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, МГСУ, СПбГАСУ. – URL: <https://steel-fabrication.ru/upload/iblock/08b/СП%2016.13330.2017%20изм1.pdf> (дата обращения: 20.02.2026). – Текст : электронный.
11. Технологические нормы проектирования и правила эксплуатации погружных насосов для выдачи воды из стволов (скважин) ликвидируемых шахт = Technological design standards and operating rules for submersible pumps for dispensing water from shafts of liquidated mines : внесен открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский институт горной механики имени М. М. Федорова» : утвержден Министерством топлива и энергетики Украины 5.07.02 / разработан государственным открытым акционерным обществом «Луганский государственный институт по проектированию шахт» и открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский институт горной механики имени М. М. Федорова». – Донецк : НИИГМ им. М. М. Федорова, 2002. – 35 с.

12. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения : межгосударственный стандарт : издание официальное : внесен Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство» : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 14 ноября 2014 г. № 72-П : введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 01 июля 2015 г. / разработан ОАО «НИЦ «Строительство» – институт : Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В. А. Кучеренко. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 13 с.
13. ГОСТ 27772-2021 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : внесен Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 22 октября 2021 г. № 144-П : введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 августа 2022 г. : дата введения 01.08.2022 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный научно-исследовательским институтом черной металлургии им. И. П. Бардина», Центральным научно-исследовательским институтом строительных конструкций им. В. А. Кучеренко. – Москва : Российский институт стандартизации, 2021. – 31 с.

References

- Romanov V. A. Safe and Economical Operation of Drainage Systems of Liquidated Mines. V. A. Romanov, S. A. Nizhnikov. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) [Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)]*. 2015. No. 6. Pp. 158-163. EDN UOIZKH. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24418296>
- Timukhin S. A. Problems of Design and Operation of Mine Drainage Systems. S. A. Timukhin, A. V. Ugolnikov, A. V. Dolganov. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta [Bulletin of the Ural State Mining University]*. 2014. No. 3 (35). Pp. 68-73. EDN STBOBB. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22257438>
- Miroshnichenko I. M. Analysis of the Consequences of Mine liquidation in the Eastern Donbass. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' [Mining Information and Analytical Bulletin.]*. 2006. No. 9. Pp. 93-96. EDN HZVADD. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9496321>
- Environmental Consequences of Mine liquidation in the Eastern Donbass and Need to Improve the Environmental Monitoring System. G. Yu. Kolomenskiy, L. V. Gipich, V. G. Kolomenskaya [et al.] *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Seriya: Estestvennye nauki. [News of Higher Educational Institutions. North Caucasus region. Series: Natural Sciences]*. 2006. No. 2 (134). Pp. 79-82. EDN HTLFON. (In Russ.) – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9204927>
- Belokopytov P. I. Experience in Designing Drainage Systems. P. I. Belokopytov, I. S. Peshkov, L. V. Isakov. *GIPROUGOL. Mining Institute for Designing Coal Industry Enterprises*. (In Russ.) URL: <http://giprougol.ru/technologies/articles/dischargecomplexes/>
- VNTP 1-2000 Temporary Standards for the Technological Design of Drainage Systems for Liquidated Coal Mines Using Submersible Pumps. Approved by the Coal Industry Committee. Order of December 8, 2000 No. 279. Agreed upon by the State Technical Supervision Service of Russia on December 4, 2000. Date of introduction : 01.01.2001, date of updating : 01.01.2021, developed by the Shakhtoproekt Institute. St. Petersburg, 2000. (In Russ.) URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/4d2/4293751886.pdf#page=1&zoom=auto,-361,606>
- SP 63.13330.2018. Code of Practice. Concrete and Reinforced Concrete Structures. Basic Provisions : approved by Order of the Ministry of Construction, Housing and Communal Services of the Russian Federation dated December 19, 2018 No. 832/pr : entered into force on June 20, 2019, developed by JSC Research Center “Construction” – A. A. Gvozdev Research Institute of Reinforced Concrete. Moscow : Standartinform, 2019. (In Russ.) URL: https://anoalpha.ru/upload/iblock/58c/mjvjzkiyrydmzq31jd53bipez0mxsqd5/SP_63.13330.2018_-2.pdf
- Groz dov V. T. *Technical Inspection of Building Structures and Facilities*. St. Petersburg: RN+ Publishing House, 2001. 140 p. ISBN 5-94034-018-0. (In Russ.)
- SP 20.13330.2016. Code of Practice. Loads and Impacts. Updated version. SNIp 2.01.07-85 : approved by Order of the Ministry of Construction, Housing and Communal Services of the Russian Federation dated December 3, 2016 No. 891/pr : entered into force on June 4, 2017 developed by V. A. Kucherenko Central Research Institute of Building Structures, JSC Research Center for Construction with the participation of A. I. Voeikov Main Geophysical Observatory. (In Russ.) URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=470938>
- SP 16.13330.2017. Code of Practice. Steel Structures. Updated Version. SNIp II-23-81 : approved by Order of the Ministry of Construction, Housing and Communal Services of the Russian Federation dated February 27, 2017 No. 126/pr : entered into force on August 28, 2017, developed by JSC Research Center “Construction” – Kucherenko Central Research Institute of Steel Structures, Moscow State University of Civil Engineering, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. (In Russ.) URL: <https://steel-fabrication.ru/upload/iblock/08b/СП%2016.13330.2017%20изм1.pdf>
- Technological Design Standards and Operating Rules for Submersible Pumps for Dispensing Water from Shafts (wells) of Liquidated Mines : submitted by the open JSC “Research Institute of Mining Mechanics named after M. M. Fedorov” : approved by the Ministry of Fuel and Energy of Ukraine on 5.07.02, developed by the state open JSC “Luhansk State Institute for Mine Design” and the open JSC “Research Institute of Mining Mechanics named after M. M. Fedorov”. Donetsk : NIIGM named after M. M. Fedorov, 2002. 35 p. (In Russ.)

12. GOST 27751-2014 Reliability of Building Structures and Foundations. Basic Provisions: Interstate Standard : Official Edition: Submitted by Technical Committee for Standardization TC 465 “Construction” : adopted by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification on November 14, 2014 No. 72-P : put into effect as National Standard of the Russian Federation on July 1, 2015. Developed by JSC Research Center “Construction” – Institute : V. A. Kucherenko Central Research Institute of Building Structures. Moscow : Standartinform, 2015. 13 p. (In Russ.)
13. GOST 27772-2021 Rolled Products for Building Steel Structures. General Specifications : interstate standard : official publication : introduced by the Interstate Council for Standardization ITC 120 “Cast Iron, Steel, Rolled Products” : adopted by the Interstate Council for Standardization, Metrology, and Certification on October 22, 2021, No. 144-P : put into effect as National Standard of the Russian Federation from August 1, 2022 : effective date: August 1, 2022 developed by the Federal State Unitary Enterprise “I. P. Bardin Central Research Institute of Ferrous Metallurgy”, and the V. A. Kucherenko Central Research Institute of Building Structures. – Moscow : Russian Institute of Standardization, 2021. – 31 p. (In Russ.)

Статья поступила 26.02.2026

© Т. И. Бурлаченко, Е. А. Борисова, 2026

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

Т. И. Бурлаченко, Е. А. Борисова

**Особенности проектирования и строительства фундаментов
монтажно-эксплуатационных площадок в составе водоотливных комплексов**

Статья посвящена актуальной в настоящее время проблеме угрозы подтопления территорий Донецкого региона при ликвидации шахт. Строительство водоотливных комплексов с погружными насосами даёт возможность решить эту проблему. Такие комплексы, разработанные институтом «Донгипрошахт», на территории ДНР уже успешно функционируют. Одной из особенностей этих комплексов стали монолитные железобетонные фундаменты кольцевого сечения, сооружаемые вокруг существующей крепи ствола. Предложенный вариант фундамента воспринимает самостоятельно нагрузки от монтажно-эксплуатационных площадок, что значительно повышает надёжность и срок службы возводимых конструкций.

В статье выполнен краткий анализ условий для строительства, что позволило определить конкретный алгоритм расчёта, который и стал предметом дальнейшего исследования. Он включает в себя рекомендации по выбору стали и учитываемым нагрузкам. Особое внимание уделено порядку расчёта главных балок.

Разработанное решение, основанное на этом алгоритме, может быть успешно применено проектировщиками при работе с другими шахтами, сталкивающимися с аналогичными задачами.

ФУНДАМЕНТ, КРЕПЬ, БАЛКА, МОНТАЖНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ПЛОЩАДКА, ВОДООТЛИВНОЙ КОМПЛЕКС

T. I. Burlachenko, E. A. Borisova

**Design and Construction Features of Foundations for Installation and Operation Sites Within
Drainage Systems**

This article addresses the current threat of flooding in the Donetsk region during mine closures. The construction of dewatering systems with submersible pumps offers a solution to this problem. Such complexes, developed by the Dongiproshakht Institute, are already successfully operating in the DPR. One of the distinctive features of these complexes is the monolithic reinforced concrete ring-section foundations constructed around the existing shaft support. The proposed foundation design is self-supporting, which significantly increases the reliability and service life of the structures being built.

The article provides a brief analysis of the construction conditions, which allowed for the identification of a specific calculation algorithm, which became the subject of further research. It includes recommendations for steel selection and load considerations. Particular attention is paid to the calculation procedure for the main beams.

The developed solution, based on this algorithm, can be successfully applied by designers working with other mines facing similar challenges.

FOUNDATION, SUPPORT, BEAM, INSTALLATION AND OPERATION SITE, DRAINAGE SYSTEM

Сведения об авторах:**Бурлаченко Тамара Ивановна**

Главный специалист отдела архитектуры, строительства и инженерных изысканий Государственного бюджетного учреждения «Донгипрошахт», г. Донецк, ДНР, Российская Федерация,

Телефон: +7 949 350-81-56

Эл. почта: work_SO@mail.ru,
opavlicheva@inbox.ru

Борисова Екатерина Андреевна

Ведущий инженер отдела архитектуры, строительства и инженерных изысканий Государственного бюджетного учреждения «Донгипрошахт», г. Донецк, ДНР, Российская Федерация,

Телефон: +7 949 452-67-32

Эл. почта: work_SO@mail.ru,
opavlicheva@inbox.ru

Authors' information:**Burlachenko Tamara Ivanovna**

Chief Specialist of the Architecture, Construction, and Engineering Surveys Department of State Budgetary Institution "Dongiproshakht", Donetsk, DPR, Russian Federation,

Phone: +7 949 350-81-56

Email: work_SO@mail.ru,
opavlicheva@inbox.ru

Borisova Ekaterina Andreevna

Principal Engineer of the Architecture, Construction, and Engineering Surveys Department of State Budgetary Institution "Dongiproshakht", Donetsk, DPR, Russian Federation,

Phone: +7 949 452-67-32

Email: work_SO@mail.ru,
opavlicheva@inbox.ru

Д. А. Плотников, канд. техн. наук, Т. С. Башевая, канд. техн. наук
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры – филиал
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет», г. Макеевка

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ДЕМОНТАЖА ЗДАНИЙ ПРИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Статья посвящена актуальной проблеме вовлечения отходов сноса и демонтажа зданий во вторичный строительный оборот. Показано, что ресурсное значение имеет не весь поток строительного лома, а только выделенные минеральные фракции, прошедшие сортировку, дробление, фракционирование и контроль качества. Предложена технологическая схема переработки, которая начинается с обследования объекта и селективного демонтажа, включает удаление посторонних включений и завершается обязательным контролем полученного материала. Обоснована необходимость каскадного применения вторичных материалов: от подсыпок, планировки и дорожных оснований к бетонам, растворам и изделиям, но только при условии подтверждения состава и свойств каждой партии. Авторы приходят к выводу, что экологический эффект достигается не самим фактом переработки, а переводом смешанного потока в нормируемый строительный материал с установленной областью применения.

Ключевые слова: отходы сноса и демонтажа, вторичные строительные материалы, переработка строительных отходов, ресурсосбережение, каскадное использование, вторичный наполнитель, селективный демонтаж

Для цитирования: Плотников, Д. А. Ресурсосберегающий потенциал вторичных материалов из отходов демонтажа зданий при восстановительном строительстве / Д. А. Плотников, Т. С. Башевая // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2026. – № 1(56). – С. 38–53. <https://doi.org/10.5281/zenodo.21153641>.

Введение

Проблема образования и использования отходов строительства и сноса остается одной из наиболее острых экологических и ресурсных задач. С 2025 года реализуется национальный проект «Экологическое благополучие», направленный на вовлечение отходов, в том числе строительных, в хозяйственный оборот в рамках федеральных проектов «Экономика замкнутого цикла» и «Генеральная уборка», а также отвечающий требованиям Распоряжения Правительства РФ № 2330-р, утвердившего перечень видов продукции, при производстве которых в 2025–2030 годах обязательно использование вторичного сырья [1].

По данным государственной отчетности, в Российской Федерации в 2024 году было образовано около 8,5 млрд тонн отходов, в 2023-м – 9,3 млрд тонн [2]. Среди них заметное место занимают отходы строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса и демонтажа зданий и сооружений. Их главная особенность – преобладание минеральных компонентов: бетонного и железобетонного лома, кирпичного боя, фрагментов асфальтобетона, керамики и растворных материалов.

Зарубежный опыт подтверждает масштаб проблемы. В странах Евросоюза строительные отходы составляют более трети всего объема образующихся отходов. По данным Eurostat за 2022 год, доля строительства в общем объеме отходов достигла 38,4 % [3]. Строительная отрасль при этом остается крупным потребителем природных ресурсов: по данным UNEP, на неё приходится около 32 % мирового потребления энергии и 34 % глобальных выбросов CO₂ [4]. В таких условиях переработка и повторное использование минеральных отходов

сноса приобретает двойное значение: снижается нагрузка на полигоны и экономится первичное сырьё.

Важно понимать: отходы сноса и демонтажа сами по себе не являются готовым строительным материалом. Их вовлечение в оборот требует сортировки, очистки от посторонних включений, дробления, фракционирования и обязательного контроля качества. Нормативная база создает для этого необходимые предпосылки: ГОСТ Р 57678-2017 регулирует порядок обращения со строительными отходами, включая их сбор и учёт [5], а ГОСТ 32495-2013 устанавливает требования к щебню, песку и песчано-щебеночным смесям из дробленого бетона и железобетона [6].

Особенно остро проблема встаёт на территориях восстановительного строительства. Здесь одновременно образуются значительные объёмы отходов от разборки повреждённых и ветхих объектов и сохраняется высокая потребность в материалах для нового строительства, устройства оснований, дорог, площадок и элементов благоустройства. В таких условиях отходы сноса могут стать реальным источником вторичных ресурсов.

Цель исследования

Определить совокупность технологических и организационных условий, обеспечивающих получение из отходов сноса зданий вторичных минеральных материалов с подтверждёнными свойствами, и обосновать подходы к их каскадному применению в строительстве.

Анализ последних исследований

В литературе отходы строительства и сноса уже давно рассматриваются как один из крупнейших материальных потоков, который целесообразно вовлекать в переработку и повторное использование. По оценкам Joint Research Centre (JRC) бетон составляет основную минеральную фракцию в отходах демонтажа и реконструкции: 56,2 % в 2020 году с прогнозируемым ростом до 57,6 % к 2050 году [7]. Другой отчёт того же центра показывает, что в 2021 году в ЕС-27 было образовано 840 млн тонн строительных отходов – это 36 % от общего объёма всех отходов [8]. За этими цифрами стоит важный парадокс строительной отрасли: сектор одновременно генерирует огромные потоки отходов и остается одним из главных потребителей природных заполнителей.

Российские исследования в целом подтверждают эту картину, хотя конкретные оценки различаются. А. В. Гранева с соавторами отмечает, что около 80 % строительных отходов приходится на тяжелый и легкий железобетон, пригодный для получения вторичного щебня [9]. В работе В. О. Чулкова и Б. Э. Назирова приводится оценка, согласно которой ежегодно в стране образуется порядка 6 млн тонн отходов бетона и железобетона, а потенциальный прирост бетонного лома может достигать 15–17 млн тонн в год [10]. Разброс цифр объясняется разными методиками и охватом данных, однако общий вывод остается устойчивым: именно бетонный и железобетонный лом представляет собой наиболее объёмную и перспективную фракцию среди строительных отходов.

Вместе с тем состав отходов сноса крайне неоднороден. В одном потоке часто оказываются смешанными бетон, железобетон, кирпич, асфальтобетон, раствор, грунт, металл, древесина, стекло, гипсокартон, утеплители и полимерные материалы. Иными словами, пока поток не разделен, это не ресурс, а просто смесь с непредсказуемыми свойствами. Поэтому по-настоящему ценна только та часть, которую удалось нормально отсортировать. Именно по этой причине зарубежные авторы особо подчеркивают важность селективного демонтажа и тщательной предварительной сортировки – только при соблюдении этих условий можно получить вторичный заполнитель стабильного качества. Эту же логику закрепляют российские стандарты: ГОСТ Р 57678-2017 и ГОСТ 32495-2013 устанавливают требования к сбору, учёту, переработке и техническим характеристикам вторичных заполнителей, что подробно

раскрыто в основном материале статьи. Ресурсная характеристика основных фракций отходов сноса и демонтажа представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Ресурсная характеристика основных фракций отходов сноса и демонтажа

Фракция строительных отходов	Потенциальный вторичный продукт	Ограничения к использованию	Рациональное применение
Бетонный и железобетонный лом	Щебень, песок, песчано-щебеночные смеси	Арматура, старый цементный камень, грунт, растворные включения	Основания, подсыпки, дорожные слои, отдельные виды смесей после испытаний
Кирпичный бой	Дроблёная минеральная фракция	Водопоглощение, неоднородность, растворные включения	Подсыпки, дренирующие слои, благоустройство
Асфальтобетонный лом	Регенерированный асфальтобетонный материал	Наличие битумного вяжущего, отдельная технология переработки	Дорожное строительство
Металл	Вторичный металл	Не является минеральным наполнителем	Выделение из потока и передача на переработку
Гипс, древесина, пластики, утеплители	Нежелательные примеси в минеральном потоке	Загрязнение, изменение свойств вторичного материала	Удаление из потока, отдельное обращение
Смешанные отходы	Материал после сортировки	Нестабильный состав, высокая доля примесей	Ограниченное применение после разделения и контроля

Аналогичный принцип – «отход не становится сырьём автоматически» – встречается и в других работах, касающихся техногенных материалов. В работе [11] отходы самоспасателей с истекшим сроком годности рассматривались как возможный щелочной компонент бетонных смесей, но только после детального анализа их химического состава, щелочности и показателя pH. Для научного исследования важен сам подход: ресурсный потенциал отхода необходимо доказывать через определение его состава, свойств и допустимых областей применения.

Подводим итог, анализ российских и зарубежных источников показывает, что наибольшую ценность для производства вторичных строительных материалов представляют однородные минеральные фракции, прежде всего бетонный и железобетонный лом. Однако никакие цифры не сработают, если не налажен управляемый переход от смешанного потока к качественному вторичному материалу.

Изложение основного материала

Технологическая схема переработки отходов сноса должна начинаться не с дробления, а гораздо раньше – с оценки исходного потока. Это принципиально важно. При сносе здания практически никогда не получается однородный минеральный материал. На выходе мы имеем сложную смесь: фрагменты бетона, железобетона, кирпича, раствора, металла, древесины, гипса, полимеров, утеплителей, стекла и грунта. Если сразу направить такой разнородный поток на измельчение, то вместо качественного вторичного материала получится дроблёная

масса с нестабильным составом. Область её применения резко сузится, а часть ожидаемого экологического эффекта будет потеряна.

Поэтому в современных подходах к обращению со строительными отходами главное внимание уделяется подготовительным стадиям. В обновленном протоколе ЕС 2024 года по управлению отходами строительства и сноса отдельно выделены преддемонтажный аудит, выявление опасных материалов, оценка потенциала повторного использования, селективный демонтаж, раздельное извлечение отходов и прозрачная логистика потоков [12]. Качество будущего вторичного материала закладывается еще до того, как отходы попадают на дробильно-сортировочную линию: чем лучше разделены фракции на этапе демонтажа, тем выше шансы получить пригодный заполнитель. Если же всё смешать в одну кучу, последующая переработка становится заметно сложнее и дороже.

Российская нормативная база следует той же логике. ГОСТ Р 70052-2022, вступивший в силу 1 ноября 2022 года, устанавливает правила сортировки строительных отходов непосредственно на объекте сноса или на специализированных площадках [13]. Сортировка здесь – не факультативная операция «если получится», а обязательный элемент технологического процесса. ГОСТ Р 57678-2017 и ГОСТ 32495-2013 дополняют эту систему требованиями к сбору, учёту, переработке и техническим характеристикам вторичных заполнителей.

На стадии собственно переработки стандартными операциями остаются дробление, грохочение, фракционирование и удаление посторонних включений. Однако, как подчеркивают зарубежные авторы, вторичный заполнитель должен быть достаточно высокого качества и преимущественно состоять из бетонных фракций, иначе он может ухудшить свойства нового бетона.

Завершающий этап – подтверждение пригодности полученного материала для конкретного применения. ГОСТ 32495-2013 распространяется на щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона; эти материалы могут использоваться в бетонах и растворах, основаниях дорог, аэродромных покрытиях, обочинах, при рекультивации и благоустройстве территорий. Иными словами, продукт переработки нужно оценивать именно как строительный материал с чётко определенной областью применения. Без надлежащего контроля дроблёная масса так и останется просто переработанным мусором, а не полноценным вторичным ресурсом.

Предлагаемая технологическая схема опирается на согласованную позицию трёх уровней: международной практики, российских нормативов по сортировке и обращению с отходами, а также технических требований к продуктам дробления бетона. Она представлена в виде многоуровневой технологической матрицы (таблица 2), где для каждой стадии показаны операции и контролируемые входные и выходные параметры.

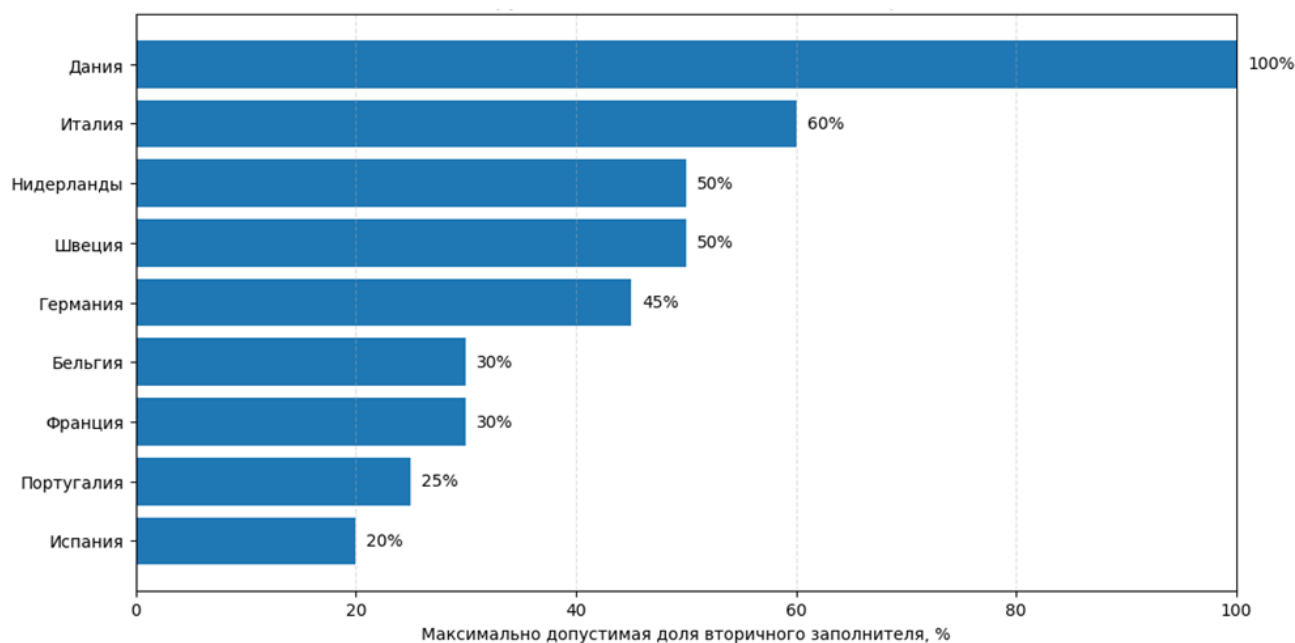
После переработки отходов сноса главный вопрос заключается уже не в самом факте получения дробленого материала, а в том, где и как его можно безопасно применить. Для строительной практики критически важно, чтобы свойства вторичного щебня, песка или песчано-щебеночной смеси соответствовали уровню ответственности конструкций и видов работ. Поэтому использование таких материалов разумно рассматривать как ступенчатую систему – от самых непритязательных задач до более ответственных.

ГОСТ 32495-2013 допускает применение щебня, песка и песчано-щебеночных смесей из дробленого бетона и железобетона в бетонах и растворах, основаниях автомобильных дорог, аэродромных основаниях, обочинах, готовых смесях, а также при рекультивации, благоустройстве и планировке территорий. Однако эти области далеко не равнозначны по требованиям. Для подсыпок, планировочных слоев, временных дорог и элементов благоустройства обычно достаточно базового подтверждения пригодности материала. Для дорожных оснований и площадок уже важны зерновой состав, плотность, прочность и водопоглощение. А при использовании в бетонах и растворах контроль должен быть максимально строгим, поскольку вторичный заполнитель напрямую влияет на прочность и долговечность конструкции.

Таблица 2 – Матрица технологического маршрута переработки отходов сноса и демонтажа

Функциональный блок	Стадия обращения с отходом	Содержание операции	Контролируемый результат	Технологическое решение	Экологический смысл
Подготовка потока	Обследование объекта	Определение состава конструкций, загрязнений, потенциально опасных включений	Перечень пригодных и непригодных фракций	Выбор селективного или общего демонтажа	Исключение загрязненных материалов из вторичного цикла
Формирование сырья	Селективный демонтаж	Раздельное извлечение бетона, кирпича, металла, гипса, древесины, полимеров	Степень разделения потоков	Назначение мест временного накопления	Увеличение доли перерабатываемой минеральной фракции
Подготовка сырья	Сортировка	Отделение минеральной части от нежелательных включений	Доля примесей	Допуск к дроблению или повторная сортировка	Снижение объёма отходов, направляемых на размещение
Переработка	Дробление и грохочение	Измельчение и разделение по крупности	Зерновой состав	Получение щебня, песка, песчано-щебечной смеси	Замещение части природных нерудных материалов
Очистка материала	Магнитная сепарация и удаление примесей	Удаление металла, древесины, гипса, грунта	Остаточные включения	Повторная очистка или ограничение применения	Снижение риска ухудшения свойств материала
Подтверждение качества	Лабораторный контроль	Оценка физико-механических и экологических показателей	Соответствие нормативным требованиям	Паспортизация партии или выбраковка	Предотвращение применения неподтвержденного материала
Использование	Назначение области применения	Сопоставление свойств материала с требованиями объекта	Уровень ответственности применения	Основания, подсыпки, благоустройство, дорожные слои, смеси	Реализация ресурсосберегающего эффекта

Зарубежный опыт подтверждает эту осторожность. По данным JRC, максимально допустимая доля вторичного заполнителя в конструкционном бетоне существенно отличается по странам (рисунок 1): от 20 % в Испании до 100 % крупного заполнителя в отдельных случаях в Дании. В Бельгии и Франции в ряде случаев допускается до 30 %, в Германии – до 45 %, в Нидерландах и Швеции – до 50 %, в Италии – до 60 % для неотчетственных конструкций [8]. Эти цифры не означают, что природный щебень можно свободно заменять вторичным. Наоборот, они показывают, насколько применение recycled aggregates (использование переработанных заполнителей) зависит от качества самого заполнителя, класса бетона, условий эксплуатации и национальных норм. В большинстве стандартов для умеренно ответственных бетонных смесей JRC отмечает ограничение на уровне не более 30 % крупного вторичного заполнителя.



Примечание: показаны максимальные значения из JRC Table 9 для отдельных стран ЕС. Условия различаются по типу вторичного заполнителя, классу бетона и среде эксплуатации. Для Дании 100% относится к крупному заполнителю в условиях низкой/умеренной агрессивности.

Рисунок 1 – Максимально допустимая доля вторичного заполнителя в конструкционном бетоне по отдельным странам, %

Подходы в разных странах различаются. В Китае, где образуется более 1,1 млрд тонн строительных отходов в год, допускается использование до 100 % переработанного крупного заполнителя для отдельных категорий материалов по стандарту GB/T 25177-2010 [14]. В США акцент делается на дорожное строительство: FHWA фиксирует уже более 100 бетонных дорожных объектов с полным или частичным замещением заполнителей [15]. В Австралии для чистого дробленого бетона возможна замена до 30 %, а 100 % замещение обычно относится уже к reclaimed aggregate из возвращенного бетонного раствора [16].

В Российской Федерации, на наш взгляд, правильнее говорить не о фиксированном проценте замещения, а о нормировании свойств полученного продукта и четком определении области его применения в соответствии с [6]. По сути, основное направление использования отходов сноса в новом строительстве должно быть каскадным. Наиболее массово и без значительных рисков вторичные материалы можно применять в подсыпках, планировке территорий, благоустройстве, временных дорогах, основаниях площадок и нижних слоях дорожных одежд. Применение в бетонах, растворах и ответственных конструкциях возможно только после тщательной проверки состава и физико-механических характеристик каждой партии. Предложенный подход позволяет реально использовать ресурсный потенциал отходов, не выходя их возможности и сохраняя контроль над качеством и безопасностью.

Ресурсосберегающий эффект от использования отходов сноса нельзя оценивать просто по общей массе образовавшегося строительного лома – такой подход заметно завышает результат. В реальности ресурсом становится лишь та часть отходов, которая после тщательной сортировки, переработки и контроля качества способна заменить природный щебень, песок или песчано-щебеночную смесь в конкретных видах работ.

Этот подход хорошо согласуется с выводами Joint Research Centre. Высокий процент восстановления отходов строительства и сноса сам по себе еще не гарантирует их высокоценного использования. В ЕС строительные отходы составляют более трети всего объема, однако значительная доля переработанных минеральных фракций традиционно идет на низкоуровневое применение – например, в обратную засыпку или дорожные основания [7, 17]. Поэтому ключевым становится не общий показатель переработки, а расчетная масса материала, которая реально замещает природное минеральное сырьё [18].

1. Для предварительной оценки использовалась материально-балансовая модель:

$$M_e = M_o \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_n \cdot K_k, \quad (1)$$

где M_e – расчетная масса вторичного минерального материала, пригодного для строительного применения, т;

M_o – масса исходного потока отходов сноса и демонтажа, т;

K_m – доля пригодной минеральной фракции в исходном потоке;

K_c – коэффициент извлечения минеральной фракции после сортировки;

K_n – коэффициент выхода после переработки, включая дробление, грохочение и сепарацию;

K_k – коэффициент допуска по качеству, то есть доля материала, которая после контроля может быть использована в строительстве.

В отличие от упрощенных расчетов, такой метод позволяет чётко увидеть потери на каждом этапе. Часть массы отсеивается уже по исходному составу, часть теряется при сортировке, часть – при дроблении и фракционировании, а еще часть может быть забракована после контроля качества. Именно поэтому из одной тонны отходов сноса далеко не всегда получается тонна качественного вторичного материала.

2. Доля замещения природного минерального материала определена по формуле:

$$D = M_e / M_n \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где D – расчетная доля замещения природного материала, %;

M_n – потребность объекта или вида работ в природном минеральном материале, т.

3. Дополнительно учитывалось фактическое замещение природного сырья отходами демонтажа:

$$M_{np} = M_e \cdot K_z, \quad (3)$$

где M_{np} – масса природного материала, фактически замещенная вторичным, т;

K_z – коэффициент фактического замещения. Он равен 1 при прямой замене по массе, но может быть существенно ниже, если из-за особенностей вторичного материала приходится корректировать состав смеси, увеличивать толщину слоя или добавлять природный заполнитель.

Отдельно оценивалась транспортная составляющая эффекта. Если расстояние доставки вторичного материала L_e меньше расстояния доставки природного L_n , сокращение транспортной работы рассчитывается по формуле:

$$\Delta T = M_e \cdot (L_n - L_e), \quad (4)$$

где ΔT – расчетная разница транспортной работы, т·км.

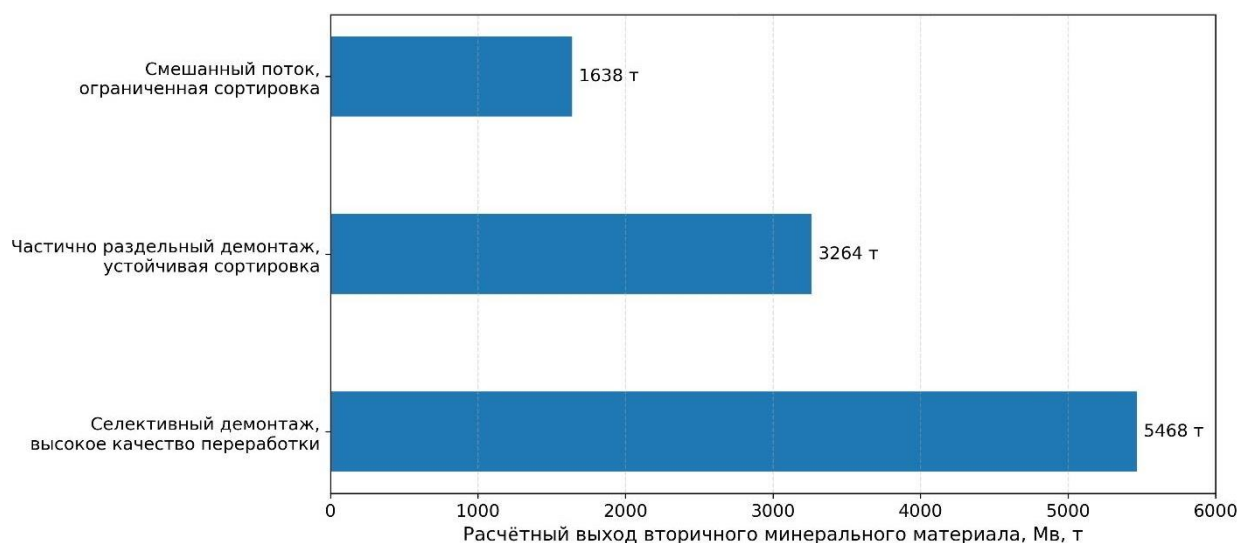
Если расстояние доставки вторичного материала сопоставимо с доставкой природного, экологический выигрыш будет определяться главным образом снижением добычи природного сырья и уменьшением массы отходов, направляемых на размещение.

Для примера: если условная потребность в природном минеральном материале для оснований, подсыпок и планировочных слоев составляет 8 000 тонн, то доля замещения составит:

- при смешанном потоке с ограниченной сортировкой – 20,5 %;
- при частично раздельном демонтаже – 40,8 %;
- при селективном демонтаже и качественной переработке – 68,3 %.

Даже при одинаковом объеме отходов ресурсный результат может отличаться в разы.

Расчётный выход вторичного минерального материала из 10 000 т отходов сноса при разных сценариях переработки представлен на рисунке 2.



Примечание: расчёт автора при $M_0 = 10\,000$ т.

1) Смешанный поток, ограниченная сортировка: $K_m=0,45$; $K_c=0,70$; $K_p=0,80$; $K_k=0,65$.

2) Частично раздельный демонтаж, устойчивая сортировка: $K_m=0,60$; $K_c=0,80$; $K_p=0,85$; $K_k=0,80$.

3) Селективный демонтаж, высокое качество переработки: $K_m=0,75$; $K_c=0,90$; $K_p=0,90$; $K_k=0,90$.

Рисунок 2 – Расчётный выход вторичного минерального материала из 10 000 т отходов сноса при разных сценариях переработки

Предложенная оценка носит прогнозный характер. Она не заменяет лабораторные испытания и проектные расчёты, но позволяет на раннем этапе понять реальный ресурсный потенциал объекта сноса или целой территории восстановительного строительства. Её практическая ценность в том, что она связывает качество организации работы с отходами и конечный объём материала, который действительно может заменить природное сырьё.

Одно из главных ограничений состоит в том, что вторичный щебень заметно отличается от природного. В таблице 3 приведено сравнение отдельных характеристик вторичного и гранитного щебня. Важно понимать, что приведенные цифры отражают свойства конкретных материалов, исследованных в работе [8], и не могут автоматически переноситься на все виды вторичного заполнителя – все сильно зависит от исходного бетонного лома, технологии дробления, очистки и фракционирования.

Данные таблицы показывают, что вторичный щебень незначительно уступает природному практически по всем параметрам. Например, содержание пылевидных и глинистых частиц у него даже ниже, чем у гранитного. Однако есть и очевидные слабые места: повышенное водопоглощение, меньшая насыпная плотность и более низкая марка по дробимости.

Поэтому механически приравнивать вторичный материал к природному без проверки реальных характеристик партии нельзя.

Таблица 3 – Сравнение отдельных характеристик вторичного и гранитного щебня и их значение для применения

Характеристика материала	Вторичный щебень	Гранитный щебень	Практическое значение к применению
Доля пылевидных и глинистых включений, %	0,11	0,65	Вторичный щебень незначительно уступает гранитному – ограничения его применения связаны не только с загрязненностью мелкими частицами
Водопоглощение, %	6,22	0,57	Более высокое водопоглощение вторичного щебня требует учёта при подборе состава бетонных смесей, прежде всего по водоцементному отношению и водопотребности
Средняя насыпная плотность, кг/м ³	1 219	1 344	Меньшая насыпная плотность влияет на объёмный расход заполнителя, плотность смеси и расчёт материальных потоков
Прочность по дробимости, марка	600	1 400	Более низкая прочность ограничивает прямое применение вторичного щебня в ответственных конструкциях без дополнительного обоснования
Происхождение материала	Продукт переработки бетонного и железобетонного лома	Природный нерудный материал	Вторичный щебень требует более тщательного контроля состава, загрязненности и стабильности партии
Стабильность свойств	Зависит от состава исходного лома, сортировки и режима переработки	Более стабильна в пределах месторождения	Необходимы сортировка, фракционирование и контроль качества перед назначением области применения

Российские исследования последних лет в целом подтверждают возможность использования бетонного и кирпичного лома в качестве заполнителей, но при этом постоянно подчеркивают, что конечный результат сильно зависит от качества исходного сырья, выбранной технологии дробления и грамотного подбора состава смеси [19–21]. Для более ответственных применений, например, в самоуплотняющихся бетонах, требуется уже специальный подход к зерновому составу, введению микрозаполнителей и корректировке рецептуры.

Каскадное назначение области применения вторичных материалов с учётом контролируемых показателей качества приведено на рисунке 3.



Рисунок 3 – Каскадное назначение области применения вторичных материалов с учётом контролируемых показателей качества

Как видно на рисунке 3, на самых простых этапах – планировка территории, подсыпки, рекультивация – достаточно обеспечить фракционный состав, отсутствие крупных посторонних включений и радиационную безопасность. Для оснований площадок, временных дорог и подстилающих слоев уже важны зерновой состав, содержание пылевидных и глинистых частиц, насыпная плотность и уплотняемость. При устройстве дорожных оснований и аэродромных покрытий добавляются требования к прочности по дробимости, морозостойкости и водопоглощению. А для бетонов, растворов и сборных изделий нужен самый строгий контроль: водопоглощение, плотность, прочность заполнителя, загрязненность и обязательный подбор состава смеси. Иными словами, экологическая безопасность и строительная надежность достигаются не за счёт отказа от вторичных материалов, а за счёт жёсткого нормирования продукта переработки. Отход сноса может считаться полноценным строительным ресурсом только после того, как он превращается в контролируемую партию материала с известным составом, подтверждёнными характеристиками и обоснованной областью применения.

Выводы

Проведенный анализ нормативных документов и научный поиск позволяет сформулировать несколько ключевых выводов. Они не претендуют на исчерпывающий характер, но, на наш взгляд, достаточно чётко очерчивают границы, в которых отходы сноса действительно могут рассматриваться как строительный ресурс.

1. Ресурсную ценность представляют не все отходы демонтажа, а выделенные минеральные фракции, такие как бетонный и железобетонный лом, кирпичный бой, отходы асфальтобетона и продукты их переработки. Иные компоненты отхода не представляют ценность для вторичного использования, или их использование – высокочатратно.

2. Установлено, что основным направлением вовлечения таких отходов в новое строительство является производство вторичного щебня, песка и песчано-щебеночных смесей. Наиболее рациональными областями их применения являются подсыпки, планировочные работы, дорожные основания, благоустройство территории, а также отдельные виды бетонных и растворных смесей с невысокими требованиями к прочности (классы В15 – В25).

3. С учётом требований ГОСТ Р 70052-2022, ГОСТ 32495-2013 и международной практики предложена технологическая схема переработки отходов сноса. Отличительной особенностью предложенной схемы является то, что она не ограничивается одним лишь

дроблением, а начинается с преддемонтажного обследования объекта и включает селективный демонтаж, сортировку, удаление посторонних включений, дробление, фракционирование, сепарацию и обязательный контроль качества получаемого материала. Именно на ранних стадиях – до дробилки – закладывается качество будущего заполнителя.

4. Предложена расчётная модель оценки ресурсосберегающего эффекта. Она учитывает пять ключевых параметров: массу исходных отходов, долю пригодной минеральной фракции, эффективность сортировки, выход после переработки и долю материала, успешно прошедшего контроль качества. Модель не заменяет лабораторных испытаний, но позволяет на раннем этапе оценить реальный потенциал объекта.

5. Сценарные расчёты по представленной модели показали, что при переработке 10 000 тонн отходов сноса выход пригодного вторичного минерального материала может варьироваться от 1 638 до 5 468 тонн. Разница – более чем в три раза – зависит исключительно от качества организации работ. При потребности в природном материале 8 000 тонн доля замещения составляет от 20,5 % (смешанный поток с ограниченной сортировкой) до 68,3 % (селективный демонтаж с качественной переработкой).

6. Сопоставление характеристик вторичного и природного щебня подтвердило, что применение вторичных материалов должно носить строго каскадный характер: от наименее ответственных работ (подсыпки, планировка, дорожные основания) к более требовательным (бетоны, растворы и сборные изделия). При этом каждый шаг вверх по каскаду требует подтверждения водопоглощения (не более 6,5 %), плотности (не менее 1 200 кг/м³) и прочности по дробимости (не ниже марки 400) и стабильности свойств конкретной партии.

Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.

Список литературы

1. Об утверждении перечней видов продукции (товаров), работ, услуг, производство, выполнение и оказание которых осуществляются с обязательным использованием определенной доли вторичного сырья в их составе : утверждено Распоряжением Правительства РФ от 28.08.2024 № 2330-р. / Председатель Правительства Российской Федерации М. Мишустин. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=477818> (дата обращения: 03.04.2026). – Текст : электронный.
2. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. Подведены итоги по форме 2-ТП (отходы) за 2024 год. – Текст : электронный // Росприроднадзор : [сайт]. – Текст : электронный. – URL: https://rpn.gov.ru/press/news/podvedeny_itogi_po_forme_2_tp_otkhody_za_2024_god/. – Дата публикации: 27.05.2025.
3. Waste statistics. – Текст : электронный // Eurostat Statistics Explained : [сайт]. – URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics. – Дата публикации: сентябрь 2024.
4. Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025 / United Nations Environment Programme. – Nairobi : UNEP, 2025. – URL: <https://www.unep.org>. – Дата публикации: 07.03.2024. – Текст : электронный.
5. ГОСТ Р 57678-2017. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация строительных отходов : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 сентября 2017 г. № 1163-ст : дата введения 2018-05-01 : введен впервые / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации материалов и технологий совместно с Обществом с ограниченной ответственностью «Инновационный экологический фонд». – Москва : Стандартинформ, 2017. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200146986> (дата обращения: 09.04.2026). – Текст : электронный.
6. ГОСТ 32495-2013. Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия : межгосударственный стандарт : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 14.11.2023 : введен в качестве национального стандарта Российской Федерации приказом от 30.12.2013 № 2396-ст : дата введения 2015-01-01 : введен впервые / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт по проблемам добычи, транспорта и переработки минерального сырья в промышленности строительных материалов». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108489> (дата обращения: 10.04.2026). – Текст : электронный.
7. Techno-economic and environmental assessment of construction and demolition waste management in the European Union / J. Cristobal Garcia, D. Caro, G. Foster [et al.]. – Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2024. – 100 p. – DOI 10.2760/721895. – JRC135470. – ISBN 978-92-68-10856-7. – URL: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2024-01/JRC135470_01_1.pdf (дата обращения: 13.04.2026). – Текст : электронный.

8. Pacheco, J. Use of recycled aggregates in concrete: opportunities for upscaling in Europe / J. Pacheco, J. de Brito, M. Lamperti Tornaghi. – Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2023. – 79 p. – DOI 10.2760/144802. – JRC131294. – ISBN 978-92-68-07697-2. – URL: https://www.researchgate.net/publication/374265585_Use_of_recycled_aggregates_in_concrete_opportunities_for_upscaling_in_Europe?_cf_chl_f_tk=q1PQ8FqDHyUeLWF3ZYDG_yEv4I_ADmLD0LmXASChBSQ-1782803642-1.0.1.1-T1MiKOCf6IiCiZrZXZ4ZN_5aeCMtkrA_MQkMRgIg4Ew (дата обращения: 14.04.2026). – Текст : электронный.
9. Экономика замкнутого цикла при переработке отходов из бетона и железобетона / А. В. Гранева, К. И. Лушин, И. С. Пуляев, В. Д. Кудрявцева. – Текст : электронный // Нанотехнологии в строительстве. – 2024. – Т. 16, № 1. – С. 50–58. – DOI 10.15828/2075-8545-2024-16-1-50-58. – EDN: RJESBT. – URL: https://nanobuild.ru/ru_RU/journal/Nanobuild-1-2024/50-58.pdf (дата обращения: 15.04.2026).
10. Чулков, В. О. Рециклинг отходов строительства и сноса при реновации территорий и дорожных покрытий крупных городов / В. О. Чулков, Б. Э. Назиров. – Текст : электронный // Отходы и ресурсы : [интернет-журнал]. – 2018. – Т. 5, № 4. – DOI 10.15862/06NZOR418. – URL: <https://resources.today/PDF/06NZOR418.pdf> (дата обращения: 16.04.2026).
11. Плотников, Д. А. Оценка перспектив использования отходов самоспасателей в качестве щелочного компонента бетонных смесей / Д. А. Плотников. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2024. – Вып. 5(169). – С. 66–72. – DOI 10.71536/vd.2024.5c169.8. – EDN FBBYXA. – URL: [https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2024/2024-5\(169\)/st_08_plotnikov.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2024/2024-5(169)/st_08_plotnikov.pdf) (дата обращения: 17.04.2026).
12. EU Construction & Demolition Waste Management Protocol including Guidelines for Pre-demolition and Pre-renovation Audits of Construction Works / European Commission. – Updated edition. – Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2024. – URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d63d5a8f-64e8-11ef-a8ba-01aa75ed71a1/language-en> (дата обращения: 20.04.2026). – Текст : электронный.
13. ГОСТ Р 70052-2022. Отходы строительных материалов, образуемые при сносе зданий и сооружений. Правила сортировки и транспортирования : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.03.2022 г. № 171-ст : дата введения 01.11.2022 : введен впервые / разработан Обществом с ограниченной ответственностью «ПСМ-Стандарт». – URL: https://iossro37.ru/upload/medialibrary/891/ob10rtmz23hsosk6isdafh87q73lr4m/GOST-R-70052_2022.-Natsionalnyy-standart-Rossiyskoy-Federatsi.pdf (дата обращения: 21.04.2026). – Текст : электронный.
14. Use of recycled aggregate concrete in structural members: a review focused on Southeast Asia / R. P. Neupane, T. Imjai, R. Garcia, K. Pilakoutas // Journal of Asian Architecture and Building Engineering. – 2023. – Vol. 22, №. 6. – P. 2578–2601. – DOI 10.1080/13467581.2023.2206204. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13467581.2023.2206204> (дата обращения: 22.04.2026). – Текст : электронный.
15. Cavalline, T. L. Use of Recycled Concrete Aggregate in Concrete Paving Mixtures : Tech Brief / T. L. Cavalline, M. B. Snyder, P. Lu, J. Wheeler. – Washington, DC : Federal Highway Administration, 2022. – URL: <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/concrete/pubs/hif22020.pdf> (дата обращения: 23.04.2026). – Текст : электронный.
16. Use of Recycled Aggregates in Construction / Cement Concrete & Aggregates Australia. – Sydney : Cement Concrete & Aggregates Australia, 2008. – URL: <https://www.ccaa.com.au/wp-content/uploads/2021/09/Use-of-Recycled-Aggregates-in-Construction.pdf> (дата обращения: 24.04.2026). – Текст : электронный.
17. ГОСТ Р ИСО 14040-2022. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 декабря 2022 г. № 1475-ст : дата введения 2023-03-01 / подготовлен Обществом с ограниченной ответственностью «НИИ экономики связи и информатики «Интерэком» на основе перевода на русский язык англоязычной версии стандарта ИСО 14040:2006. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200194558> (дата обращения: 27.04.2026). – Текст : электронный.
18. Методика определения предотвращенного экологического ущерба : утверждена Председателем Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды В. И. Даниловым-Данильяном 30.11.1999 г. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293829/4293829639.pdf> (дата обращения: 28.04.2026). – Текст : электронный.
19. Повторное использование бетонного и кирпичного лома в качестве заполнителей в бетон / И. С. Украинский, Л. П. Майорова, Д. А. Саликов [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2023. – Т. 31, № 2. – С. 291–301. – DOI 10.22363/2313-2310-2023-31-2-291-301. – EDN NENFHQ. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54355251> (дата обращения: 29.04.2026).
20. Иванова, Т. А. Оценка эффективности применения бетонного лома в качестве крупного заполнителя для бетона / Т. А. Иванова, Л. Г. Колесникова. – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 3(87). – С. 444–454. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48413179> (дата обращения: 30.04.2026).
21. Применение щебня из дробленого бетона для устройства слоев жестких дорожных одежд / В. В. Ушаков, С. В. Подольский, Е. Ю. Ивлиева, А. С. Прохоров. – Текст : электронный // Дорожная держава. – 2024. – № 127. – С. 22–27. – URL: https://dorvest.ru/images/nomera/DD_127/DD_127_small.pdf (дата обращения: 04.05.2026).

References

1. On approval of Lists of Products (Goods), Works, Services, the Production, Performance and Provision of Which Are Carried Out with the Mandatory Use of a Certain Proportion of Recycled Raw Materials in Their Composition : approved by Order of the Government of the Russian Federation dated August 28, 2024 No. 2330-r. Chairman of the Government of the Russian Federation M. Mishustin. (In Russ.) URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=477818>
2. Federal Service for Supervision of Natural Resource Usage. Results for Form 2-TP (waste) for 2024 have been summarized. Rosprirodnadzor : [website]. (In Russ.) URL: https://rpn.gov.ru/press/news/podvedeny_itogi_po_forme_2_tp_otkhody_za_2024_god/
3. Waste Statistics. Eurostat Statistics Explained : [website]. (In Eng.) URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics
4. Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025. United Nations Environment Programme. Nairobi : UNEP, 2025. (In Eng.) URL: <https://www.unep.org>
5. GOST R 57678-2017. Resource Conservation. Waste Management. Construction Waste Disposal : National Standard of the Russian Federation : approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated September 19, 2017, No. 1163-st : effective May 1, 2018 : introduced for the first time; developed by the Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Research Institute for Standardization of Materials and Technologies" jointly with the Innovative Ecological Fund Limited Liability Company. Moscow : Standartinform, 2017. (In Russ.) URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200146986>
6. GOST 32495-2013. Crushed Stone, Sand, and Sand-Crushed Stone Mixtures from Crushed Concrete and Reinforced Concrete. Technical Specifications : Interstate Standard : adopted by the Interstate Council for Standardization, Metrology, and Certification on November 14, 2023 : introduced as a national standard of the Russian Federation by Order No. 2396-st dated December 30, 2013 : introduced on January 1, 2015 : introduced for the first time; developed by the Federal State Unitary Enterprise "Research, Design, and Survey Institute for Mining, Transport, and Processing of Mineral Raw Materials in the Building Materials Industry". (In Russ.) URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108489>
7. Techno-Economic and Environmental Assessment of Construction and Demolition Waste Management in the European Union. J. Cristobal Garcia, D. Caro, G. Foster [et al.]. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2024. 100 p. DOI 10.2760/721895. JRC135470. ISBN 978-92-68-10856-7. (In Eng.) URL: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2024-01/JRC135470_01_1.pdf
8. Pacheco, J. Use of Recycled Aggregates in Concrete: Opportunities for Upscaling in Europe. J. Pacheco, J. de Brito, M. Lamperti Tornaghi. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2023. 79 p. DOI 10.2760/144802. JRC131294. ISBN 978-92-68-07697-2. (In Eng.) URL: https://www.researchgate.net/publication/374265585_Use_of_recycled_aggregates_in_concrete_opportunities_for_upscaling_in_Europe?_cf_chl_f_tk=q1PQ8FqdHyUeLWF3ZYDG_yEv4L_ADmL_D0LmXASChBSQ-1782803642-1.0.1.1-TIMiKOCf6IICiZrZXZ4ZN_5aeCMtkrA_MQkMRgI4Ew
9. Circular Economy in Concrete and Reinforced Concrete Waste Recycling. A. V. Graneva, K. I. Lushin, I. S. Pulyaev, V. D. Kudryavtseva. Nanotekhnologii v stroitel'stve. [Nanotechnology in Construction]. 2024. Vol. 16, № 1. Pp. 50–58. DOI 10.15828/2075-8545-2024-16-1-50-58. EDN: RJESBT. (In Russ.) URL: https://nanobuild.ru/ru_RU/journal/Nanobuild-1-2024/50-58.pdf
10. Chulkov V. O. Recycling of Construction and Demolition Waste During the Renovation of Territories and Road Surfaces of Large Cities. V. O. Chulkov, B. E. Nazirov. Otkhody i resursy : [internet-zhurnal]. [Waste and Resources : [online journal]]. 2018. Vol. 5, № 4. DOI 10.15862/06NZOR418. (In Russ.) URL: <https://resources.today/PDF/06NZOR418.pdf>
11. Plotnikov D. A. Assessment of the Potential for Using Self-Rescuer Waste as an Alkaline Component in Concrete Mixtures. Vestnik Donbasskoi natsional'noi akademii stroitel'stva i arkhitektury [Bulletin of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2024. Issue. 5(169). Pp. 66–72. DOI 10.71536/vd.2024.5c169.8. EDN FBBYXA. (In Russ.) URL: [https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2024/2024-5\(169\)/st_08_plotnikov.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2024/2024-5(169)/st_08_plotnikov.pdf)
12. EU Construction & Demolition Waste Management Protocol including Guidelines for Pre-demolition and Pre-renovation Audits of Construction Works. European Commission. Updated edition. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2024. (In Eng.) URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d63d5a8f-64e8-11ef-a8ba-01aa75ed71a1/language-en>
13. GOST R 70052-2022. Construction Material Waste Generated during Demolition of Buildings and Structures. Sorting and Transportation Rules : National Standard of the Russian Federation : approved and put into effect by Order No. 171-st of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated March 30, 2022 : effective November 1, 2022 : introduced for the first time; developed by PSM-Standard Limited Liability Company. (In Russ.) URL: https://iossro37.ru/upload/medialibrary/891/ob10rtmz23hsosk6isdafh87q73lr4m/GOST-R-70052_2022.-Natsionalnyy-standart-Rossiyskoy-Federatsi.pdf
14. Use of Recycled Aggregate Concrete in Structural Members: A Review Focused on Southeast Asia. R. P. Neupane, T. Imjai, R. Garcia, K. Pilakoutas. Journal of Asian Architecture and Building Engineering. (In Eng.) 2023. Vol. 22, № 6. Pp. 2578–2601. DOI 10.1080/13467581.2023.2206204. (In Eng.) URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13467581.2023.2206204>

15. Cavalline, T. L. Use of Recycled Concrete Aggregate in Concrete Paving Mixtures : Tech Brief. T. L. Cavalline, M. B. Snyder, P. Lu, J. Wheeler. Washington, DC : Federal Highway Administration, 2022. (In Eng.) URL: <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/concrete/pubs/hif22020.pdf>
16. Use of Recycled Aggregates in Construction / Cement Concrete & Aggregates Australia. Sydney : Cement Concrete & Aggregates Australia, 2008. (In Eng.) URL: <https://www.ccaa.com.au/wp-content/uploads/2021/09/Use-of-Recycled-Aggregates-in-Construction.pdf>
17. GOST R ISO 14040-2022. Environmental Management. Life Cycle Assessment. Principles and Structure : National Standard of the Russian Federation : approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 12, 2022 No. 1475-st : date of introduction 2023-03-01; prepared by Limited Liability Company "Research Institute of Economics of Communications and Informatics "Interecoms" based on the Russian translation of the English version of the ISO 14040:2006 standard. (In Russ.) URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200194558>
18. Methodology for Determining Prevented Environmental Damage : approved by the Chairman of the State Committee of the Russian Federation for Environmental Protection, V.I. Danilov-Danilyan, on November 30, 1999. (In Russ.) URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293829/4293829639.pdf>
19. Reuse of Concrete and Brick Waste as Aggregates in Concrete. I. S. Ukrainskiy, L. P. Mayorova, D. A. Salikov [et al.]. Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and Life Safety]. 2023. Vol. 31, № 2. Pp. 291–301. DOI 10.22363/2313-2310-2023-31-2-291-301. EDN NENFHQ. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54355251>
20. Ivanova T. A. Evaluation of the Efficiency of Using Concrete Scrap as Coarse Aggregate for Concrete. T. A. Ivanova, L. G. Kolesnikova. Inzhenernyi vestnik Dona. [Engineering Bulletin of the Don]. 2022. № 3(87). Pp. 444–454. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48413179>
21. Use of Crushed Concrete Aggregate for the Construction of Rigid Road Pavement Layers. V. V. Ushakov, S. V. Podolskiy, E. Yu. Ivlieva, A. S. Prokhorov. Dorozhnaya derzhava. [Road State]. 2024. № 127. Pp. 22–27. (In Russ.) URL: https://dorvest.ru/images/nomera/DD_127/DD_127_small.pdf

Статья поступила 05.05.2026

© Д. А. Плотников, Т. С. Башевая, 2026

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

Автомобильно-дорожный институт

(филиал) ДонНТУ в г. Горловка

Д. А. Плотников, Т. С. Башевая

Ресурсосберегающий потенциал вторичных материалов из отходов демонтажа зданий при восстановительном строительстве

Статья посвящена вопросу, который редко уходит с повестки – можно ли превратить отходы сноса и демонтажа зданий в полноценный строительный ресурс, а не просто в материал для полигонов. Актуальность темы подпитывается тремя обстоятельствами сразу: быстрым ростом объёмов строительных отходов, нарастающим дефицитом природных нерудных материалов и необходимостью снижать экологическую нагрузку.

Цель работы – обосновать условия и технологии, при которых отходы сноса действительно могут вовлекаться в новый строительный оборот. При этом во главу угла поставлены реальный состав отходов, особенности их переработки, допустимые области применения и требования экологической безопасности.

Анализ нормативной базы, научных публикаций и международной практики показывает главное: ресурсную ценность представляет не весь строительный лом, а только выделенные из него минеральные фракции. Прежде всего – бетонный и железобетонный лом, кирпичный бой, асфальтобетонный лом и продукты их переработки. В статье предложена технологическая схема получения вторичных материалов, которая принципиально начинается не с дробления, а с преддемонтажного обследования, селективного демонтажа, сортировки и удаления посторонних включений. Подчёркивается, что качество вторичного продукта закладывается на всём маршруте обращения с отходами, а не только на стадии механической переработки.

Разработана расчётная модель оценки ресурсосберегающего эффекта. Она учитывает потери на каждом этапе – от исходного состава потока до контроля качества готовой партии, и не подменяет собой лабораторные испытания, а даёт прогнозную оценку. Сценарные расчёты для 10 000 т отходов сноса показали: выход природного вторичного минерального материала может варьироваться от 1 638 до 5 468 т. При потребности в природном материале 8 000 т это обеспечивает замещение от 20,5 до 68,3 %. Что составляет разницу более чем в три раза и определяется исключительно качеством организации работ.

Установлено, что применение вторичных материалов должно носить строго каскадный характер: от наименее ответственных работ (подсыпки, планировка, благоустройство, дорожные основания) к более требовательным (бетоны, растворы, сборные изделия). Каждый шаг вверх по этому каскаду осуществим только при обязательном подтверждении физико-механических свойств конкретной партии.

ОТХОДЫ СНОСА И ДЕМОНТАЖА, ВТОРИЧНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПЕРЕРАБОТКА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ, КАСКАДНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, ВТОРИЧНЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ, СЕЛЕКТИВНЫЙ ДЕМОНТАЖ

D. A. Plotnikov, T. S. Bashevaia
**Resource-saving Potential of Secondary Materials from Building Demolition Waste
 in Restoration Construction**

This article addresses a persistent issue: whether demolition and dismantling waste from buildings can be turned into a fully-fledged construction resource rather than merely material for landfills. The relevance of the topic is driven by three concurrent factors: rapid growth in construction waste volumes, increasing scarcity of natural non-metallic materials, and the need to reduce environmental pressures.

The aim of the work is to substantiate the conditions and technologies under which demolition waste can realistically be brought back into the construction cycle. Priority is given to the actual composition of the waste, the specifics of its processing, permissible areas of application, and environmental safety requirements.

The analysis of the regulatory framework, scientific publications, and international practice shows that it is not all construction waste has resource value, but only the mineral fractions extracted from it, namely concrete and reinforced concrete waste, broken bricks, asphalt concrete waste, and their processed products. The article proposes a process flow chart for obtaining secondary materials that fundamentally begins not with crushing, but with pre-disassembly inspection, selective disassembly, sorting, and removal of foreign matter. It emphasizes that the quality of the secondary product is determined throughout the entire waste management process, not just at the mechanical processing stage.

The calculation model for assessing the resource-saving effect is developed. It accounts for losses at each stage – from the initial composition of the waste stream to quality control of the finished batch – and does not replace laboratory tests but provides a predictive estimate. Scenario calculations for 10 000 t of demolition waste showed that the yield of suitable secondary mineral material can vary from 1 638 to 5 468 t. With a demand for natural material of 8 000 t, this provides a substitution rate of 20,5 to 68,3 % – a more than threefold difference determined solely by the quality of work organization.

It is established that the application of secondary materials must follow a strictly cascading pattern: from the least demanding uses (fill, grading, landscaping, road subbases) to more demanding ones (concretes, mortars, precast elements). Each step up this cascade is feasible only with mandatory verification of the physical and mechanical properties of the specific batch.

DEMOLITION WASTE, SECONDARY CONSTRUCTION MATERIALS, CONSTRUCTION WASTE RECYCLING, RESOURCE CONSERVATION, CASCADE USE, RECYCLED FILLER, SELECTIVE DISMANTLING

Сведения об авторах:

Плотников Денис Александрович

Кандидат технических наук,
 доцент кафедры «Техносферная безопасность» Донбасская национальная академия строительства и архитектуры – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 7111-2362
 Scopus ID: 57226775938
 AutorID: 898528
 ORCID: 0009-0007-3024-5091
 Телефон: +7 949 403-53-70
 Эл. почта: d.a.plotnikov@donnasa.ru

Башева Татьяна Сергеевна

Кандидат технических наук, доцент,
 заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» Донбасская национальная академия строительства и архитектуры – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 4224-9631
 AutorID: 821609
 ORCID: 0009-0002-4210-8813
 Телефон: +7 949 334-83-46
 Эл. почта: t.s.bashevaya@donnasa.ru

Authors' information**Plotnikov Denis Aleksandrovich**

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor of the Chair "Technosphere Safety" of Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture – a branch of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)", Makeevka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 7111-2362

Scopus ID: 57226775938

AuthorID: 898528

ORCID: 0009-0007-3024-5091

Phone: +7 949 403-53-70

Email: d.a.plotnikov@donnasa.ru

Bashevaia Tatiana Sergeevna

Candidate of Technical Sciences, Docent,

Head of the Chair "Technosphere Safety" of Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture – a branch of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)", Makeevka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 4224-9631

AuthorID: 821609

ORCID: 0009-0002-4210-8813

Phone: +7 949 334-83-46

Email: t.s.bashevaya@donnasa.ru

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 622.5:504

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.20524788>

И. И. Гомаль, канд. техн. наук¹, Е. Н. Свечкаренко²,
А. В. Буслова², О. А. Казымова²

1 – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк
2 – Государственное бюджетное учреждение «Донгипрошахт», г. Донецк

ОРГАНИЗАЦИЯ ГРУППОВЫХ ВОДООТЛИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ШАХТ, КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ РЕГИОНА

Рассмотрены существующие и перспективные направления снижения вредного воздействия шахтных вод на окружающую среду. Обоснована целесообразность строительства групповых водоотливных комплексов для ликвидированных угольных шахт, позволяющих минимизировать негативное воздействие на экосистему региона.

Ключевые слова: шахтные воды, экологическая обстановка, групповой водоотливный комплекс, водоприток

Для цитирования: Организация групповых водоотливных комплексов при ликвидации шахт, как один из путей улучшения экологической ситуации региона / И. И. Гомаль, Е. Н. Свечкаренко, А. В. Буслова, О. А. Казымова // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2026. – № 1(56). – С. 54–66. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20524788>.

Состояние проблемы

В связи с масштабной и зачастую аварийной ликвидацией угольных шахт резко ухудшилась и без того сложная экологическая ситуация в Донбассе. При затоплении существенно увеличивается площадь контакта шахтной воды с вмещающим горным массивом, что обуславливает повышение концентрации вредных веществ в шахтной воде. Сброс недостаточно очищенных шахтных вод негативно влияет на качество поверхностных и подземных водных ресурсов. Подтопление и заболачивание земель приводят к утрате обширных участков земли, которые ранее можно было использовать в сельском хозяйстве и других хозяйственных целях [1–3].

Шахтные воды в основном сбрасываются в реки, относящиеся к бассейну Азовского моря. Из-за этого экологическая ситуация в Приазовье вызывает серьёзную обеспокоенность из-за сильного загрязнения водных ресурсов и почвы. В «Стратегии устойчивого развития Приазовья до 2040 года» [4] предусмотрены меры по восстановлению экосистемы бассейнов рек, впадающих в Азовское море. Среди ключевых задач – снижение интенсивности техногенного воздействия шахтных вод на окружающую среду региона.

Прекращение работы шахт сопряжено с изменением гидрогеологической ситуации, нарушением водного баланса и экологическими последствиями для окружающей среды. Сброс шахтной воды, имеющей сложный физико-химический состав и нередко содержащей токсичные элементы, наносит значительный вред экосистеме прилегающих территорий [2–4].

Значительное содержание загрязнителей в шахтных водах способствует накоплению токсичных соединений в почве, растительности и организмах животных, что в итоге может вызвать экологическую катастрофу [5–7].

Для регулирования и контроля уровня шахтной воды, исключения подтопления прилегающих территорий необходимо продолжение работы водоотливных комплексов (ВОК) на каждой ликвидированной шахте. Содержание индивидуальных ВОК связано с экологиче-

скими рисками, техническими трудностями и значительными экономическими затратами. Поэтому необходимо принятие мер по минимизации капитальных затрат и негативного воздействия на экологию близлежащих территорий.

Внедрение и совершенствование интегрированных систем водоотлива и очистки шахтных вод играют ключевую роль в снижении негативного воздействия горнодобывающей отрасли на природу и поддержании устойчивого развития региона. Игнорирование этой проблемы приводит к нарушению экологического равновесия и серьезным последствиям в результате загрязнения поверхностных и подземных вод.

Цель исследования – обосновать перспективность организации групповых водоотливных комплексов ликвидированных шахт для минимизации негативного влияния на региональную экологическую систему.

Анализ исследований и публикаций

Последствия негативного воздействия шахтных вод на окружающую среду достаточно глубоко изучены и обобщены в научной литературе [8–10]. Разрабатываются эффективные стратегии минимизации экологического ущерба при ликвидации шахт. Этой проблеме посвящен ряд работ, в которых исследован физико-химический состав шахтных вод и их влияние на экологию [11–14].

Многими исследователями подчеркивается, что после прекращения работы шахты происходит резкое изменение гидрогеологической ситуации не только на ликвидируемой шахте, но зачастую и на соседних. Происходит подъем уровня подземных вод, часто с затоплением подземных сооружений и коммуникаций; изменение направления движения подземных вод и их химического состава; обводнение грунтов, изменение их физико-механических свойств и, как следствие, просадка и набухание грунтового основания под зданиями и сооружениями; заболачивание пахотных земель, загрязнение питьевых источников воды высокоминерализованной шахтной водой [15–16].

Данная проблема является актуальной при эксплуатации и ликвидации угольных предприятий во всем мире. Примером может служить организация водоотливного комплекса на ликвидированной шахте Вечорек в Польше [17]. После очистки шахтная вода с насосной станции Ян Канты используется в системах водоснабжения электростанции Явожно. Вода с насосной станции Боже Дары используется при производстве бумаги и картона [18].

На многих угольных шахтах для уменьшения вредного воздействия на окружающую среду применяется очистка шахтных вод чаще всего в горизонтальных отстойниках, однако её результативность не превышает 7 % [19]. После прохождения через такие отстойники вода сохраняет свою минерализацию, уровень жесткости и содержание хлоридов и сульфатов. Концентрация взвешенных частиц в воде обычно превышает 25 мг/дм³.

Проведенные теоретические и практические исследования [19] различных видов отстойников показали, что наиболее эффективным способом является отстаивание в тонкослойных отстойниках, эффективность которых более чем в 2 раза выше горизонтальных, вертикальных и радиальных, однако он не решает проблему безопасного сброса шахтной воды в гидрологическую сеть.

Для снижения негативного влияния шахтных вод на экосистему региона в Стратегии [4] предполагается строительство, реконструкция и модернизация водоотливных систем и очистных сооружений.

Изложение основного материала

Исторически практически все города Донбасса, связанные с угольной промышленностью, возникли из посёлков, которые образовывались вокруг шахт, в следствие этого их горные отводы оказались в центральной части городов.

Так как рельеф Донбасса представляет собой холмистую равнину, расчленённую многочисленными оврагами и балками, русла водотоков имеют извилистое строение, часто меняют направление течения, поэтому площадь водосборного бассейна в пределах городов большая. Водосток в основном формируется за счёт сбрасываемых шахтных вод.

Рассмотрим ситуацию со сбросом шахтных вод на примере, типичном для Донбасса, города Снежное. Это крупный промышленный центр с высокой плотностью населения, где функционировали шесть шахт. Они расположены в местности с густой сетью балок: Ореховой, Коломыйцева, Глубокой, Коренной, Долгой, Орлова. По ним протекают небольшие ручьи, впадающие в реки Севастьяновка, Крынка и Миус, относящиеся к бассейну Азовского моря.

До закрытия каждая шахта обладала собственной системой водоотлива и отдельной точкой сброса шахтных вод в гидрологическую сеть. Эти воды откачивались на поверхность и затем направлялись в пруды-отстойники, многие из которых находились в неудовлетворительном состоянии, а на некоторых шахтах таких прудов не было вовсе.

Сильно загрязнённые токсичными химическими веществами шахтные воды, сбрасываемые от индивидуальных ВОК, оказывали негативное влияние на местные водоёмы и почвы, создавая угрозы неконтролируемого техногенного загрязнения. Экологическое положение в этом районе считается крайне неблагоприятным.

На рисунке 1 изображена схема расположения индивидуальных ВОК до ликвидации шахт и направления сброса шахтной воды в окружающую гидрографическую сеть.

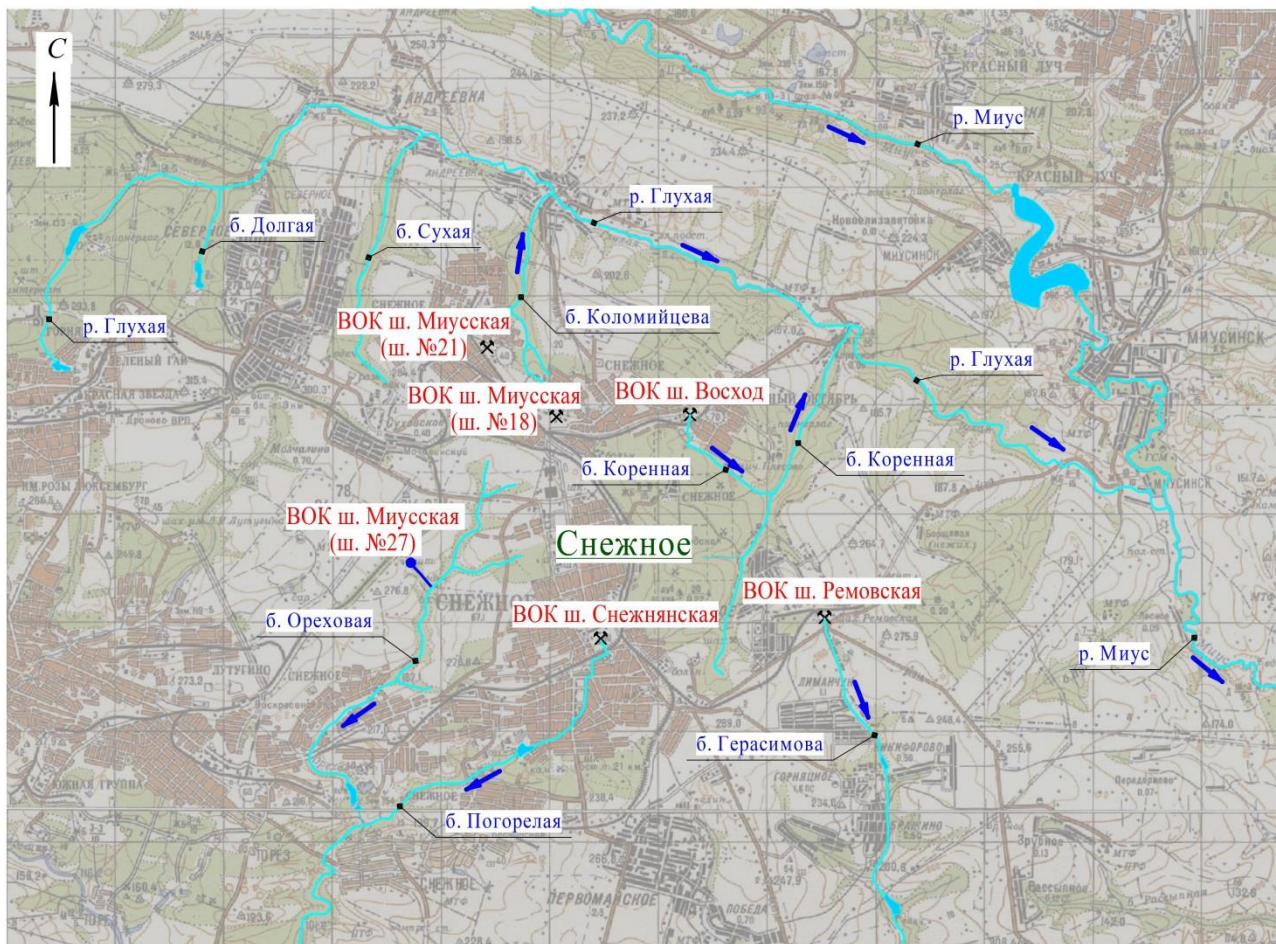


Рисунок 1 – Схема расположения водоотливов и направления сброса воды до ликвидации шахт

На рисунке 1 видно, что практически по всей городской территории протекают водотоки, куда сбрасывались загрязнённые шахтные воды.

В настоящее время горные работы на многих шахтах остановлены и возобновлению

не подлежат. Гидробезопасность шахт обеспечивается работой водоотливных комплексов. Эффективное функционирование водоотлива позволяет не только обеспечить безопасные условия ведения горных работ, но и минимизировать отрицательное влияние шахтных вод на окружающую среду за счет организации их очистки и нормированного сброса.

На действующих и ликвидированных угольных предприятиях системы шахтного водоотлива представляют собой технологически необходимый и наиболее энергоемкий компонент производственного процесса, обеспечивающий безопасное и стабильное функционирование всего предприятия [20]. Насосные станции, обеспечивающие систему водоотлива, требуют поддержания значительной подземной и наземной инфраструктуры, а также наличия сложного оборудования. Содержание и модернизация ВОК требует значительных капитальных затрат.

В составе сооружений поверхностных водоотливных комплексов в технологическом цикле механической очистки шахтных вод в основном используются пруды-отстойники, площадь которых зачастую не позволяет производить полноценное осаждение взвешенных частиц до нормативных значений. Наличие прудов-отстойников на каждой шахте способствует формированию зон застоя водных масс на прилегающих территориях и приводит к заболачиванию земель, в результате чего утрачивается их хозяйственная ценность.

Таким образом, являясь эффективным инструментом снижения концентрации вредных веществ, при нарушениях в эксплуатации пруды-отстойники становятся источником дополнительных экологических проблем.

Сведения о притоках шахтной воды и площадях прудов-отстойников приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сведения о притоках шахтной воды и площадях прудов-отстойников

Наименование	Приток, м ³ /ч	Площадь прудов-отстойников, га
Шахта «Миусская»:		
№ 18	381	*
№ 27	460	0,5
№ 21	210	1,67
Шахта «Снежнянская»	416	*
Шахта «Восход»	469	*
Шахта «Ремовская»	397	0,312
Итого:	2 333	2,482

*Пруды-отстойники на данных шахтах отсутствуют.

Как видно из таблицы 1, на трех шахтах отсутствуют пруды-отстойники, и неочищенная вода напрямую сбрасывается по трубопроводам в гидрологическую сеть, что усугубляет и без того сложную экологическую обстановку в регионе.

Одним из эффективных решений снижения экологического вреда, причиняемого сбросом шахтных вод, является организация групповых водоотливных комплексов для нескольких ликвидированных шахт. Технологически этот подход реализуется путем использования существующих или искусственно созданных гидравлических связей между подземными выработками соседних шахт. Эти комплексы выполняют функции сбора, накопления и первичной обработки шахтных вод, снижая объемы загрязнений, попадающих непосредственно в водоемы. Современные технологии обеспечивают удаление твердых примесей, взвешенных веществ и тяжелых металлов, предотвращая вторичное загрязнение водных объектов. Такая практика позволяет снизить экологическую нагрузку и улучшить условия жизнедеятельности населения региона.

Исследования [11] показали, что водность рек оказывает значительное влияние на концентрацию токсичных веществ в воде. Особенно заметно повышение содержания этих

вредных элементов в реках с низким уровнем воды. В то же время в полноводных реках данный процесс проявляется менее выражено. Эта ситуация усугубляется тем, что из-за недостаточного количества осадков в последние годы в Донбассе не происходит естественного разбавления воды. Хотя объем загрязняющих веществ может оставаться неизменным, их концентрация в водоеме становится выше.

Из-за низкой водоносности рек и ручьев, в которые сбрасываются шахтные воды, основная часть вредных веществ оседает на дне, переходя в донные отложения недалеко от шахт, то есть в городской зоне. Вдоль этих водотоков находятся жилые районы, преимущественно состоящие из частных домов, которые используют воду для сельского хозяйства, бытовых и технических целей. Склоны балок используются для выпаса домашнего скота.

При групповом ВОК шахтная вода от всех шахт района сбрасывается в один водовод, его водность повышается и вредные вещества выпадают уже за пределами города, что способствует улучшению качества воды в водотоках в городской черте.

Создание групповых ВОК трансформирует экологическую проблему в управляемый технологический процесс, является оптимальным решением с инженерной, экономической и экологической точек зрения, так как обеспечивает стабильный контроль и поддержание требуемых параметров воды перед сбросом в водные объекты.

Рассмотрим организацию группового ВОК на примере ликвидированных шахт «Восход», «Ремовская», «Снежнянская» и «Миусская» (включающей в себя объекты бывших шахт № 18, 21, 27) Снежнянского района Донецкой Народной Республики. До ликвидации вышеперечисленные шахты были оснащены индивидуальными ВОК с очистными сооружениями и прудами отстойниками.

Групповой ВОК, принимающий шахтную воду ликвидированных шахт, располагается на шахте «Миусская», оборудован погружными насосами, размещаемыми в бывшем вентиляционном стволе шахты № 27. Это позволяет эффективно откачивать воду, скапливающуюся в выработанном пространстве и минимизирует риск затопления близлежащих территорий.

Очищенную до нормативного качества шахтную воду по сбросному коллектору предусматривается направлять в проектируемый поверхностный водоем в балке Ореховая, а затем в реку Севастьяновка.

При затоплении шахт до уровня, определенного гидропрогнозом, через многочисленные гидравлические связи, осуществляющиеся по водоносным горизонтам, горным выработкам, незатампонируемым скважинам и тектоническим нарушениям происходит переток воды из соседних шахт на шахту «Миусская».

Это дало возможность прекратить использование индивидуальных водоотливных систем после закрытия шахт и создать единый групповой водоотливный комплекс. На рисунке 2 показана схема существующих гидравлических связей между этими шахтами после строительства группового ВОК на шахте «Миусская».

При организации группового водоотлива в результате комплексного взаимодействия гидрогеологических, технологических и гидравлических факторов происходит снижение гидродинамического давления, что приводит к уменьшению притока шахтных вод. Нормальный приток воды после организации группового ВОК на шахте «Миусская» составляет 1 415 м³/ч. При поддержании прогнозируемых уровней затопления в ликвидированных шахтах, земная поверхность не будет подвержена деформации.

Шахтные воды данного района имеют сульфатно-гидрокарбонатно-натриево-магниевый кальциевый состав с минерализацией от 1,2 до 2,3 г/дм³. Воды щелочные, жесткие, обладают слабой агрессивностью к несulfатостойким маркам цемента и металлам. Данные по химическому составу смешанных вод ликвидированных шахт Снежнянского района, выдаваемых на поверхность групповым ВОК шахты № 27 «Миусская», приведены в таблице 2.

Наиболее простым и надежным способом очистки и обеззараживания шахтных вод является апробированный на практике метод по созданию водоема на поверхности, в котором происходит обезжелезивание, с устройством водозаборных сооружений и станций очистки

шахтных вод. При этом качество воды в водоеме легко контролируется, а изменения физико-химического состава воды, вызванные сезонными или иными факторами, не являются резкими и отслеживаются в рамках регулярного мониторинга, проводимого в соответствии с установленным графиком.

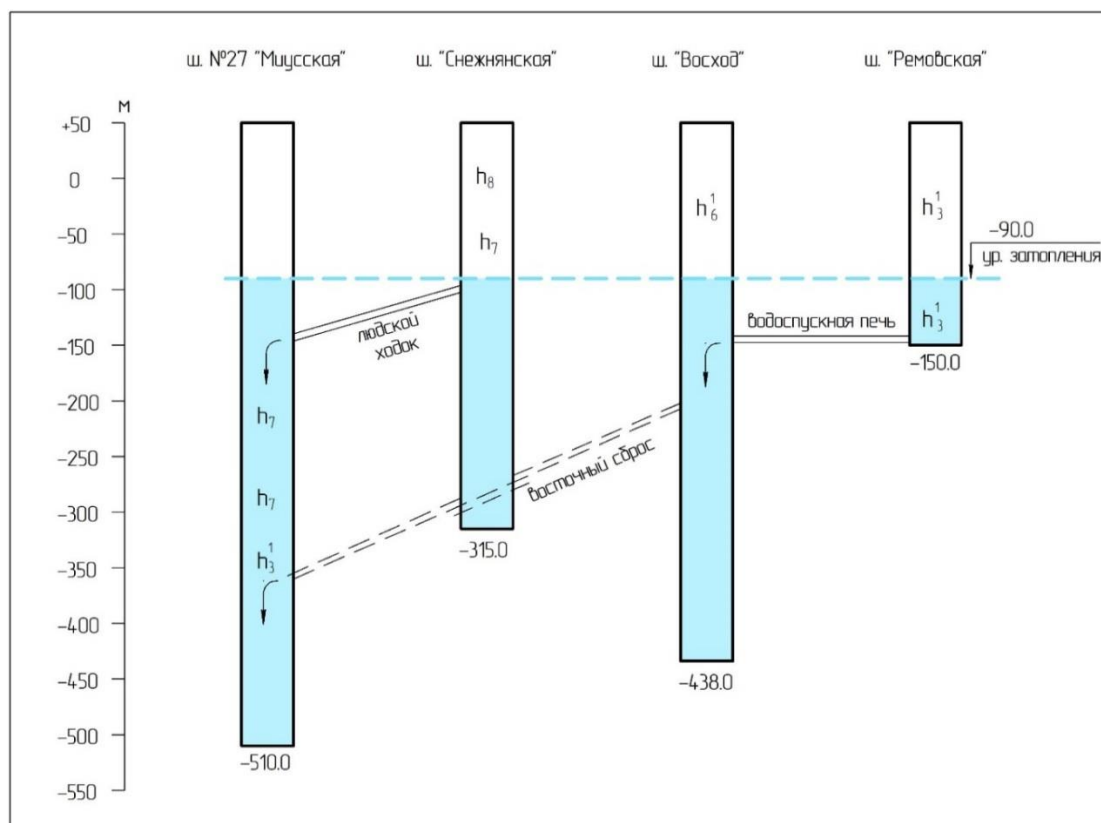


Рисунок 2 – Схема гидравлических связей шахт Снежнянского района

Таблица 2 – Химический состав смешанных вод группового ВОК шахты «Миусская»

Наименование	Размерность	Шахта № 27 «Миусская»
Взвешенные	мг/дм ³	9
Калий	мг/дм ³	2,8
Натрий	мг/дм ³	364
Кальций	мг/дм ³	92
Магний	мг/дм ³	78
Железо трёхвалентное	мг/дм ³	0,30
Карбонаты	мг/дм ³	728
Хлориды	мг/дм ³	74,5
Сульфаты	мг/дм ³	641
рН	–	7,4
Общая щелочность	мг-экв/дм ³	14,5
Общая жесткость	мг-экв/дм ³	10,1
Жесткость карбонат	мг-экв/дм ³	10,1
Сухой остаток	мг/дм ³	1 575
Нитраты	мг/дм ³	3,2

Объединение стоков из нескольких шахт в одном месте способствует созданию высокоэффективных комплексов, оснащённых новейшими технологиями и современным оборудованием. Это позволит обеспечить более качественную очистку шахтных вод и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Данные сравнительного анализа показателей индивидуальных и группового ВОК представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительный анализ показателей индивидуальных и группового ВОК

Показатель	Индивидуальные ВОК	Групповой ВОК	Изменения
Общий водоприток, м ³ /ч	2 333 (суммарный по всем шахтам)	1 415 (на шахте «Миусская»)	Снижение на 39,3 %
Концентрация железа, мг/дм ³	До 0,4 (при индивидуальных ВОК)	0,3 (после смешения на шахте № 27)	Снижение на 25 %
Площадь прудов-отстойников, га	2,482 (общая по всем шахтам)	Ликвидация и рекультивация	Возврат земель в хозяйственный оборот
Минерализация, г/дм ³	От 1,2 до 2,3 (исходный состав по шахтам)	1,58 (после смешения)	Снижение разброса показателей
Степень контроля	Локальный по каждому объекту	Централизованный мониторинг	Повышение эффективности управления

В результате применения на групповом ВОК более эффективного оборудования в системах очистки шахтных вод прогнозируемое содержание взвешенных веществ в шахтной воде после смешения составит около 9 мг/дм³, что соответствует действующему нормативу на сброс в гидрографическую сеть района. Минерализация ориентировочно составит до 1,58 г/дм³, что незначительно превышает норматив, равный 1 г/дм³; содержание железа – 0,3 мг/дм³, что соответствует уровню ПДК, равному 0,3 мг/дм³. После смешения шахтной воды с природными водами химический состав воды в контрольном створе балки «Ореховая» соответствует нормативному [21].

Таким образом, создание групповых систем водоотлива и очистки шахтных вод представляет собой важный шаг на пути к восстановлению экологического баланса в угледобывающем регионе. Схема расположения группового ВОК и направление сброса шахтной воды приведена на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3 при групповом ВОК существенно уменьшилась длина водотока, по которому сбрасывается шахтная вода, и соответственно уменьшилась площадь загрязнения внутри городской застройки. Снижается вероятность повторного загрязнения подземных вод. Ручьи и реки, по которым ранее сбрасывалась шахтная вода, со временем частично восстанавливают свое природное состояние.

По завершении ликвидационных работ, связанных с выводом из эксплуатации прудов-отстойников индивидуальных ВОК, на освобождаемых землях общей площадью 2,482 га проводится комплекс мероприятий по рекультивации для возврата земель в хозяйственный оборот.

Согласно данным Государственного комитета по земельным ресурсам ДНР о нормативной денежной оценке земель в разрезе городов республиканского значения рыночная стоимость 1 га земли находится в пределах 2,5–5,0 млн руб./га [22]. Таким образом, ликвидация прудов-отстойников на ликвидируемых шахтах позволит получить экономический эффект в размере 6,2–12,4 млн руб. и уменьшить экологический вред.

Вследствие организации группового водоотлива на шахте «Миусская» прекращается сброс шахтных вод в раннее загрязняемые гидрологические объекты: балки Коренная, Герасимова, Коломийцева, Глухая. Уменьшение негативного воздействия шахтной воды на окружающую среду влечет за собой улучшение состояния водных объектов, почв на прилегающих территориях, сохранение биоразнообразия и способствует экологической устойчивости горнодобывающего региона.

Групповые ВОК дают возможность применения дорогостоящих методов очистки шахтных вод с привлечением инновационных технологий и передового оборудования. ГБУ «Донгипрошахт» предложен и обоснован способ деминерализации шахтных вод методом обратного осмоса [23]. Данная технология может быть использована для обеспечения хозяй-

ственно-питьевого водоснабжения ближайших населенных пунктов, испытывающих дефицит в водных ресурсах.

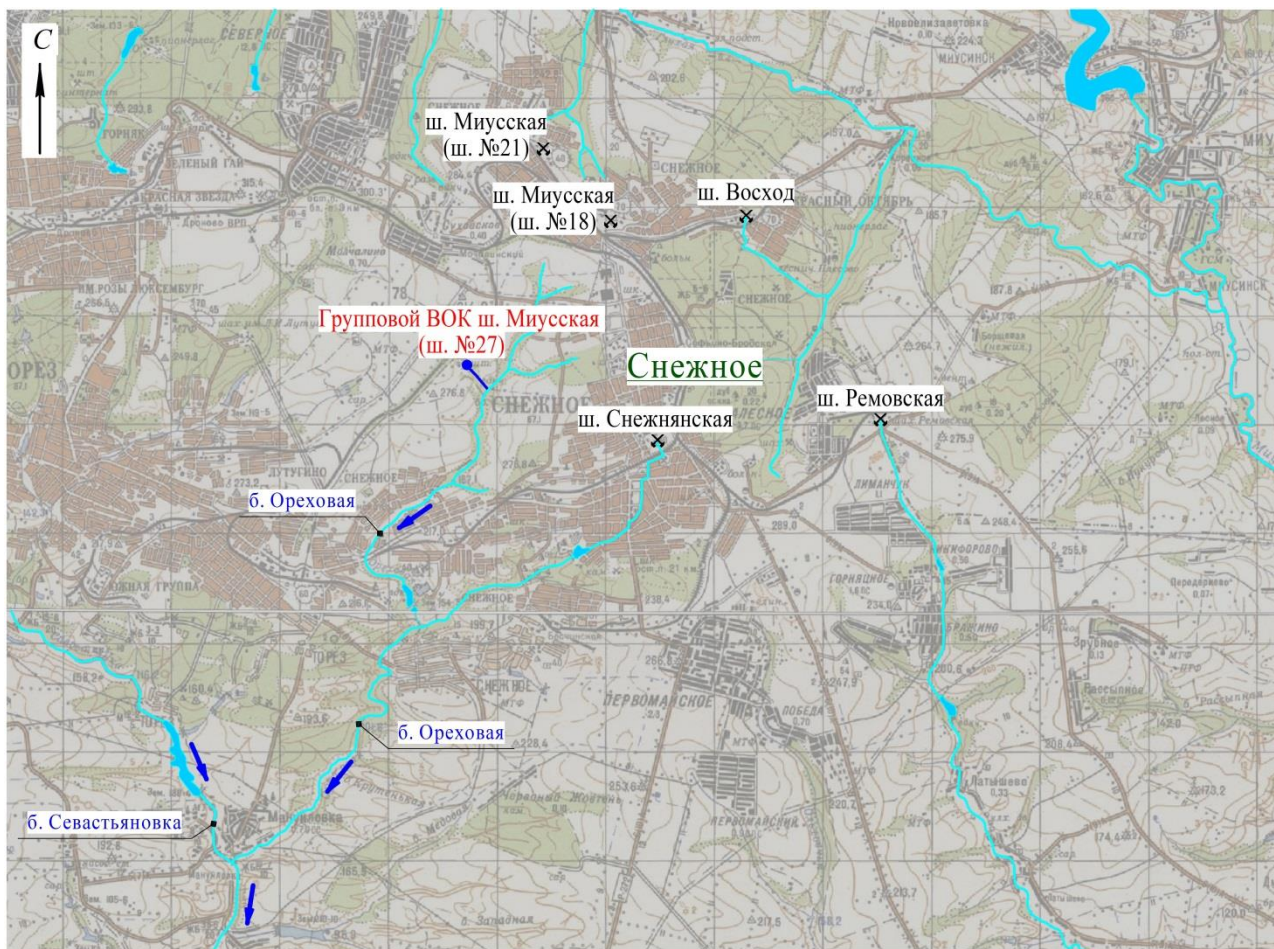


Рисунок 3 – Схема расположения и направление сброса шахтной воды при групповом ВОК

Организация группового ВОК на примере шахт Снежнянского района демонстрирует, что комплексный подход к управлению шахтными водами является оптимальным с технической, экономической и экологической точек зрения.

Выводы

Интеграция групповых водоотливных комплексов в существующую систему водоотлива позволяет снизить негативное воздействие шахтных вод на окружающую среду, что особенно важно в условиях массового закрытия шахт.

Создание групповых водоотливных комплексов трансформирует экологическую проблему в управляемый технологический процесс, является оптимальным решением с инженерной, экономической и экологической точки зрения, так как обеспечивает стабильный контроль и поддержание требуемых параметров воды перед сбросом в водные объекты.

Результаты исследования подтверждают, что переход от индивидуальных к групповым системам водоотлива позволит перейти от тактического устранения проблемы к стратегическому управлению гидрогеологическими и экологическими рисками на постэксплуатационном этапе. Такой подход создаст условия для устойчивого экологического развития региона на многие годы вперед.

Работа выполнена в рамках выполнения НИР № Н.14 за счёт средств республиканского бюджета Донецкой Народной Республики.

Список литературы

1. Головатенко, Е. Л. Оценка состояния водных ресурсов на территории Донецкого региона / Е. Л. Головатенко. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2023. – № 5(163). – С. 118–125. – EDN QEFFPGS. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60017010> (дата обращения: 23.03.2026).
2. Закруткин, В. Е. Гидроэкологические особенности поверхностных вод углепромышленных территорий Восточного Донбасса / В. Е. Закруткин, О. С. Решетняк, Е. Н. Бакаева. – Текст : электронный // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2020. – № 3. – С. 451–460. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42899589> (дата обращения: 24.03.2026).
3. Гавришин, А. И. Шахтные воды Восточного Донбасса и их влияние на состав подземных и поверхностных вод региона / А. И. Гавришин. – Текст : электронный // Водные ресурсы. – 2018. – Т. 45, № 5. – С. 555–565. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35446833> (дата обращения: 25.03.2026).
4. Стратегия устойчивого развития Приазовья на период до 2040 года : утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2025 г. № 4140-р. – URL: <http://static.government.ru/media/files/6XCp9L2g4ZjmwwxpHTWoFI3DoLa3SdPe.pdf> (дата обращения 25.03.2026). – Текст : электронный.
5. Доценко, О. Г. О проблеме водных ресурсов Донбасса и ее связи с угольной промышленностью региона / О. Г. Доценко, Е. Г. Корецкая. – Текст : электронный // Экологический вестник Донбасса. – 2024. – № 3(13). – С. 22–25. – EDN QTIZVL. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=76080361> (дата обращения: 26.03.2026).
6. Гавришин, А. И. Состояние окружающей среды в районе угольных шахт Восточного Донбасса / А. И. Гавришин. – Текст : электронный // Горный журнал. – 2018. – № 1. – С. 92–96. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32509435> (дата обращения: 27.03.2026). – DOI 10.17580/gzh.2018.01.17.
7. Однорядцева, Д. С. Состав шахтных вод и их влияние на гидросферу / Д. С. Однорядцева. – Текст : электронный // Система управления экологической безопасностью : сборник трудов XV Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 20–21 мая 2021 г. – Екатеринбург : УрФУ, 2021. – С. 155–158. – URL: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/97881> (дата обращения: 27.03.2026).
8. Гомаль, И. И. Негативные последствия закрытия угольных шахт / И. И. Гомаль, М. В. Кукота. – Текст : электронный // Проблемы горного дела : сборник научных трудов I Международного форума студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков, Донецк, 8–10 апреля 2020 г. / редкол. : Ю. Ф. Булгаков [и др.]. – Донецк : ДОННТУ. – 2020. – С. 67–70. – EDN BHRCCF. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43172415> (дата обращения: 30.03.2026).
9. Гулейчук, Н. И. Обобщенная качественная оценка влияния угольных предприятий на гидрозокосистему Донбасса / Н. И. Гулейчук, И. И. Гомаль. – Текст : электронный // Инновационные перспективы Донбасса : материалы 10-й Международной научно-практической конференции, Донецк, 28–30 мая 2024 г. Том 4. Перспективные направления развития экологии и химической технологии. – Донецк : Донецкий национальный технический университет. 2024. – С. 122–128. – EDN BSPOPZ. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=69173882> (дата обращения: 31.03.2026).
10. Гавришин, А. И. Современные особенности формирования химического состава шахтных вод в Восточном Донбассе / А. И. Гавришин, В. Е. Борисова, Е. С. Торопова // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 7 – С. 59–63.
11. Техногенные шахтные воды Восточного Донбасса и их влияние на микроэлементный состав речных вод и донных отложений / Е. В. Гибков, В. Е. Закруткин, Г. Ю. Складенко, В. Н. Решетняк. – Текст : электронный // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. – 2023. – № 4(220). – С. 79–90. – EDN HCCPIZ. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=57751296> (дата обращения: 01.04.2026).
12. Закруткин, В. Е. Распределение железа и его минералов в речных отложениях Восточного Донбасса / В. Е. Закруткин, В. Н. Решетняк. – Текст : электронный // Геология и геофизика Юга России. – 2023. – Т. 13, № 4. – С. 85–98. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59693169> (дата обращения: 01.04.2026). – DOI 10.46698/VNC.2023.89.38.007.
13. Баев, О. А. Динамика гидрохимических показателей качества воды рек Северский Донец и Лугань / О. А. Баев, И. А. Ладыш. – Текст : электронный // Экологический вестник Донбасса. – 2024. – № 3(13). – С. 3–11. – EDN WUFBNB. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=76080354> (дата обращения: 02.04.2026).
14. Gaillardet, J. Trace Elements in River Waters / J. Gaillardet, J. Viers, B. Dupre. – 2-nd ed. // Treatise on Geochemistry. – Oxford : Elsevier, 2013. – V. 7. – P. 195–235.
15. Молев, М. Д. Оценка воздействия процессов ликвидации угольных шахт на экологическую ситуацию в российском Донбассе / М. Д. Молев, С. А. Масленников. – Текст : электронный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329, № 7. – С. 148–156. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35410991> (дата обращения: 02.04.2026).
16. Волкова, Т. П. Геологические критерии формирования химического состава шахтных вод / Т. П. Волкова, С. М. Федотов. – Текст : электронный // Труды РАНМИИ : сборник научных трудов. – Донецк, 2020. – № 10–11(25–26). – С. 106–114. – EDN WDHEXN. – URL: http://journal.ranimi.ru/wp-content/uploads/2025/08/2020_025_00.pdf (дата обращения: 03.04.2026).

17. Hydrogeological and Mining Considerations in the Design of a Pumping Station in a Shaft of a Closed Black Coal Mine / K. D'Obyrn, P. Kamiński, D. Cień [et al.]. – Текст : электронный // *Energies* : [электронный журнал]. – 2024. – V. 17(13). – pp. 1–16. – URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/13/3297>. – Дата публикации: 05.07.2025.
18. Coal Mine Drainage as a Source of Drinking and Industrial Water – The Upper Silesian Coal Basin, Poland / D. Cień, K. d'Obyrn, M. Starczewska [et al.]. – Текст : электронный // *Energies* : [электронный журнал]. – 2024. – V. 17(1175). – pp. 1–19. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/378610082>. – Дата публикации: 01.03.2024.
19. Влияние шахтной воды на экологическую обстановку угольных регионов и возможности ее использования в производственных целях / С. П. Высоцкий, Е. А. Воробьев, А. П. Калфакчян, Н. А. Николенко. – Текст : электронный // Охорона довкілля та екологічна безпека : збірка доповідей науково-практичної конференції. Т. 1. – Донецьк, 2003. – URL: <https://masters.donntu.ru/2003/fgtu/voznensenskaya/library/dok3.htm> (дата обращения: 03.04.2026).
20. Александров, В. И. Энергоэффективность систем шахтного водоотлива / В. И. Александров, С. Ю. Авксентьев, П. Н. Махараткин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017 – № 2. – С. 253–268.
21. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» : Постановление от 28 января 2021 г. № 2 : действует с 01.03.2026 : редакция от 24.12.2025 г. / Главный государственный санитарный врач Российской Федерации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 03.04.2026). – Текст : электронный.
22. Об утверждении Положения об особенностях определения кадастровой стоимости земельных участков разных категорий земель и выдачи документов об определении кадастровой стоимости земельных участков и удельных показателей кадастровой стоимости земельных участков : Постановление Правительства Донецкой Народной Республики от 27 апреля 2024 г. № 46-2 / Врио Председателя Правительства А. Г. Чертков. – Текст : электронный // Правительство Донецкой Народной Республики [сайт]. – URL: <https://pravdnr.ru/npa/postanovlenie-pravitelstva-doneczkoj-narodnoj-respubliki-ot-27-aprelya-2024-g-%E2%84%96-46-2-ob-utverzhdanii-polozheniya-ob-osobennostyah-opredeleniya-kadastrovoj-stoimosti-zemelnyh-uchastkov-r/?ysclid=mjv7hy3uzf241274988> (дата обращения: 03.04.2026 г.).
23. Использование шахтных вод ликвидированных шахт Торезского района для хозяйственно-питьевого водоснабжения города Торез : 53/75 : отчет о НИР (заключ.) : Н.9-01 / Донгипрошахт ; рук. В. А. Хрузин ; исполн. А. С. Синявский [и др.]. – Донецк, 2023. – 75 с. – Инв. № 105444.

References

1. Golovatenco E. L. Assessment of the Water Resources in the Donetsk region. *Vestnik Donbasskoj natsional'noi akademii stroitel'stva i arhitektury*. [Bulletin of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2023. № 5(163). Pp. 118–125. EDN QEFFPGS. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60017010>
2. Zakrutkin V. E. Hydroecological Features of Surface Waters of the Eastern Donbass Coal Mining Territories. V. E. Zakrutkin, O. S. Reshetnyak, E. N. Bakaeva. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series]. 2020. № 3. Pp. 451–460. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42899589>
3. Gavrishin A. I. Mine Waters of the Eastern Donbass and their Impact on the Composition of Groundwater and Surface Waters of the Region. *Vodnye resursy*. [Water Resources]. 2018. Vol. 45, № 5. Pp. 555–565. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35446833>
4. Strategy for sustainable development of the Azov region for the period up to 2040 : approved by the Order of the Government of the Russian Federation of December 29, 2025 No. 4140-r. (In Russ.) URL: <http://static.government.ru/media/files/6XCp9L2g4ZjmwxpHTWoFI3DoLa3SdPe.pdf>
5. Dotsenko O. G. On the Problem of Water Resources in Donbass and its Connection with the Coal Industry of the Region. O. G. Dotsenko, E. G. Koretskaya. *Ehkologicheskii vestnik Donbassa*. [Ecological Bulletin of Donbass]. 2024. № 3(13). Pp. 22–25. EDN QTIZVL. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=76080361>
6. Gavrishin A. I. Environment State in the Area of Coal Mines of the Eastern Donbass. *Gornyi zhurnal*. [Mining Journal]. 2018. № 1. Pp. 92–96. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32509435>. DOI 10.17580/gzh.2018.01.17
7. Odnodvortseva D. S. Mine Water Composition and Its Impact on the Hydrosphere. *Environmental Safety Management System : Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference, Yekaterinburg, May 20–21, 2021*. Yekaterinburg: UrFU, 2021. Pp. 155–158. (In Russ.) URL: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/97881>
8. Gomal I. I. Negative Consequences of Coal Mine Closure. I. I. Gomal, M. V. Kukota. *Mining Problems : Collection of Scientific Papers of the 1st International Forum of Students, Postgraduates and Young Mining Scientists, Donetsk, April 8–10, 2020*. ed. board: Yu. F. Bulgakov [et al.]. Donetsk : DONNTU. 2020. Pp. 67–70. EDN BHRCCF. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43172415>

9. Guleichuk, N. I. (2024). Generalized Qualitative Assessment of the Impact of Coal Mining Enterprises on the Donbas Hydroecosystem. N. I. Guleichuk, I. I. Gomal. Innovative Prospects of Donbas : Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference, Donetsk, May 28–30, 2024. Volume 4. Promising Directions for the Development of Ecology and Chemical Technology. Donetsk : Donetsk National Technical University. 2024. Pp. 122–128. EDN BSPOPZ. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=69173882>
10. Gavrishin A. I. Modern Features of the Formation of the Chemical Composition of Mine Waters in the Eastern Donbass. A. I. Gavrishin, V. E. Borisova, E. S. Toropova. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. [Advances in Modern Natural Science]. 2017. № 7 Pp. 59–63. (In Russ.)
11. Technogenic Mine Waters of the Eastern Donbas and Their Impact on the Microelement Composition of River Waters and Bottom Sediments. E. V. Gibkov, V. E. Zakrutkin, G. Yu. Sklyarenko, V. N. Reshetnyak. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. [News of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region]. 2023. № 4(220). Pp. 79–90. EDN HCCPIZ. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=57751296>
12. Zakrutkin V. E. Distribution of Iron and Its Minerals in River Sediments of the Eastern Donbass. V. E. Zakrutkin, V. N. Reshetnyak. Geologiya i geofizika Yuga Rossii. [Geology and Geophysics of Southern Russia]. 2023. Vol. 13, № 4. Pp. 85–98. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59693169>. DOI 10.46698/VNC.2023.89.38.007.
13. Baev O. A. Dynamics of Hydrochemical Indicators of Water Quality of the Severskiy Donets and Lugan Rivers. O. A. Baev, I. A. Ladysh. Ekhologicheskii vestnik Donbassa. [Ecological Bulletin of Donbass]. 2024. № 3(13). Pp. 3–11. EDN WUFBNC. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=76080354>
14. Gaillardet J. Trace Elements in River Waters. J. Gaillardet, J. Viers, B. Dupre. 2-nd ed. Treatise on Geochemistry. Oxford : Elsevier, 2013. V. 7. Pp. 195–235. (In Eng.)
15. Molev M. D. Assessment of the Impact of Coal Mine Liquidation Processes on the Environmental Situation in the Russian Donbass. M. D. Molev, S. A. Maslennikov. Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov. [Bulletin of Tomsk Polytechnic University. Georesources Engineering]. 2018. Vol. 329, № 7. Pp. 148–156. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35410991>
16. Volkova T. P. Geological Criteria for the Formation of the Chemical Composition of Mine Waters. T. P. Volkova, S. M. Fedotov. Trudy RANIMI : sbornik nauchnykh trudov. Donetsk, 2020. [Proceedings of the Russian Academy of Mineral Resources: a collection of scientific papers. Donetsk, 2020]. № 10–11(25–26). Pp. 106–114. EDN WDHEXN. (In Russ.) URL: http://journal.ranimi.ru/wp-content/uploads/2025/08/2020_025_00.pdf
17. Hydrogeological and Mining Considerations in the Design of a Pumping Station in a Shaft of a Closed Black Coal Mine. K. D’Obyrn, P. Kamiński, D. Cień [et al.]. Energies : [electronic journal]. 2024. V. 17(13). Pp. 1–16. (In Eng.) URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/13/3297>
18. Coal Mine Drainage as a Source of Drinking and Industrial Water – The Upper Silesian Coal Basin, Poland. D. Cień, K. d’Obyrn, M. Starczewska [et al.]. Energies : [electronic journal]. 2024. V. 17(1175). Pp. 1–19. (In Eng.) URL: <https://www.researchgate.net/publication/378610082>
19. The Impact of Mine Water on the Ecological Situation of Coal Regions and the Possibilities of Its Use for Industrial Purposes. S. P. Vysotskiy, E. A. Vorobyov, A. P. Kalfakchiyan, N. A. Nikolenko. Environmental Protection and Ecological Safety: A Collection of Scientific and Practical Conference Reports. Vol. 1. Donetsk, 2003. (In Russ.) URL: <https://masters.donntu.ru/2003/fgtu/voznensenskaya/library/dok3.htm>
20. Aleksandrov V. I. Energy Efficiency of Mine Drainage Systems. V. I. Aleksandrov, S. Yu. Avksentyev, P. N. Makharatkin. Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). [Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)]. 2017. № 2. Pp. 253–268. (In Russ.)
21. On approval of sanitary rules and regulations SanPiN 1.2.3685-21. “Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans”: Resolution of January 28, 2021 No. 2: valid from March 1, 2026 : revised on December 24, 2025. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation. (In Russ.) URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>
22. On approval of the Regulation on the specifics of determining the cadastral value of land plots of different land categories and the issuance of documents on determining the cadastral value of land plots and specific indicators of the cadastral value of land plots: Resolution of the Government of the Donetsk People’s Republic of April 27, 2024 No. 46-2. Acting Chairman of the Government A. G. Chertkov. Government of the Donetsk People’s Republic [website]. (In Russ.) URL: <https://pravdnr.ru/npa/postanovlenie-pravitelstva-doneczkoj-narodnoj-respubliki-ot-27-aprelya-2024-g-%E2%84%96-46-2-ob-utverzhdenii-polozeniya-ob-osobennostyah-opredeleniya-kadastrovoj-stoimosti-zemelnyh-uchastkov-r/?ysclid=mjv7hy3uzf241274988>
23. Use of mine waters from liquidated mines in Torez district for domestic and drinking water supply of the city of Torez : 53/75 : research report (conclusion) : N. 9-01 / Dongiproshakht ; head. V. A. Khruzin ; performer. A. S. Sinyavskiy [et al.]. Donetsk, 2023. 75 p. Inv. No. 105444.

Статья поступила 07.04.2026

© И. И. Гомаль, Е. Н. Свечкарёнок, А. В. Буслова, О. А. Казымова, 2026

Рецензент: М. В. Коновальчик, канд. техн. наук,

Автомобильно-дорожный институт

(филиал) ДонНТУ в г. Горловка

И. И. Гомаль, Е. Н. Свечкаренко, А. В. Буслова, О. А. Казымова

Организация групповых водоотливных комплексов при ликвидации шахт, как один из путей улучшения экологической ситуации региона

Прекращение работы шахт сопряжено с изменением гидрогеологической ситуации, нарушением водного баланса и экологическими последствиями для окружающей среды. После ликвидации шахт необходимо продолжение работы систем водоотливных комплексов. Сброс шахтной воды, имеющей сложный физико-химический состав и нередко содержащей токсичные элементы, наносит значительный вред экосистеме прилегающих территорий. Значительное содержание загрязнителей в шахтных водах способствует накоплению токсичных соединений в почве, растительности и организмах животных, что в итоге может вызвать экологическую катастрофу.

Основная цель работы – обосновать перспективность организации групповых водоотливных комплексов ликвидированных шахт для минимизации негативного влияния на региональную экологическую систему.

Предлагается организация групповых водоотливных комплексов для нескольких ликвидированных шахт, позволяющих снизить экологический ущерб и улучшить состояние экосистемы региона. Это позволит: предотвратить бесконтрольное распространение неочищенных шахтных вод; исключить подтопление прилегающих территорий; уменьшить приток шахтных вод, выдаваемых на поверхность; обеспечить контроль физико-химического состава воды; осуществить возврат в хозяйственный оборот земель, ранее занимаемых прудами-отстойниками; улучшить состояние водных объектов, почв на прилегающих территориях; минимизировать капитальные затраты на обслуживание комплекса. Этот подход позволяет трансформировать экологическую проблему в управляемый технологический процесс, обеспечивая стабильный контроль и поддержание требуемых параметров шахтной воды перед сбросом в водные объекты.

Результаты исследования подтверждают, что переход от индивидуальных к групповым системам водоотлива позволит перейти от тактического устранения проблемы к стратегическому управлению гидрогеологическими и экологическими рисками на постэксплуатационном этапе. Такой подход создаст условия для устойчивого экологического развития региона на многие годы вперед.

ШАХТНЫЕ ВОДЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА, ГРУППОВОЙ ВОДООТЛИВНЫЙ КОМПЛЕКС, ВОДОПРИТОК

I. I. Gomal, E. N. Svechkaренко, A. V. Buslova, O. A. Kazymova

Group Drainage System Organization during Mine Liquidation As One of the Ways to Improve Regional Environmental Situation

The closure of mines is associated with changes in the hydrogeological situation, disruption of the water balance, and environmental consequences. After the mines are closed, the operation of drainage systems must continue. The discharge of mine water, which has a complex physical and chemical composition and often contains toxic elements, causes significant harm to the ecosystem of adjacent areas. The significant concentration of pollutants in mine water contributes to the accumulation of toxic compounds in soil, vegetation, and animals, which can ultimately cause an environmental disaster.

The main objective of the work is to substantiate the prospects of organizing group drainage complexes for abandoned mines to minimize the negative impact on the regional ecological system.

It is proposed to organize group drainage systems for several abandoned mines, which will reduce environmental damage and improve the state of the region's ecosystem. This will prevent the uncontrolled spread of untreated mine water; eliminate flooding of adjacent areas; reduce the influx of mine water released to the surface; ensure control of the physical and chemical composition of the water; return land formerly occupied by settling ponds to economic use; improve the condition of water bodies and soils in adjacent areas; and minimize capital expenditures on servicing the complex. This approach allows for the transformation of the environmental problem into a manageable technological process, ensuring stable control and maintenance of the required parameters of mine water before discharge into water bodies.

The study's results confirm that switching from individual to group drainage systems will allow for a shift from tactical problem solving to strategic management of hydrogeological and environmental risks during the post-operational phase. This approach will create the conditions for sustainable environmental development in the region for many years to come.

MINE WATER, ENVIRONMENTAL CONDITIONS, GROUP DRAINAGE COMPLEX, WATER INFLOW

Сведения об авторах:**Гомаль Иван Иванович**

Кандидат технических наук, доцент,
 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: 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: +7 949 400-74-59
 Эл. почта: elena.svechkarenko@rambler.ru

Буслова Анна Валерьевна

Инженер I категории отдела технологии поверхности и генплана Государственного бюджетного учреждения «Донгипрошахт», г. Донецк, ДНР, Российская Федерация,
 Телефон: +7 949 491-68-09
 Эл. почта: winterhanna@yandex.ru

Казымова Ольга Андреевна

Инженер I категории отдела технологии поверхности и генплана Государственного бюджетного учреждения «Донгипрошахт», г. Донецк, ДНР, Российская Федерация,
 Телефон: +7 949 386-07-64
 Эл. почта: o.kazymowa@yandex.com

Authors' information:**Gomal Ivan Ivanovich**

Candidate of Technical Sciences, Docent,
 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: 0000-0002-6730-4899
 Phone: +7 949 320-59-14
 Email: ivan.gomal.77@mail.ru

Svechkarenko Elena Nikolaevna

Head of the Surface Technology and General Plan Department of State Budgetary Institution "Dongiproshakht",
 Donetsk, DPR, Russian Federation,
 Phone: +7 949 400-74-59
 Email: elena.svechkarenko@rambler.ru

Buslova Anna Valerievna

Engineer of the 1st category of the Surface Technology and General Plan Department of State Budgetary Institution "Dongiproshakht", Donetsk, DPR, Russian Federation,
 Phone: +7 949 491-68-09
 Email: winterhanna@yandex.ru

Kazymova Olga Andreevna

Engineer of the 1st category of the Surface Technology and General Plan Department of State Budgetary Institution "Dongiproshakht", Donetsk, DPR, Russian Federation,
 Phone: +7 949 386-07-64
 Email: o.kazymowa@yandex.com

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 332.1:347.77

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.20522828>

Е. Г. Сподарева, канд. экон. наук, В. В. Солдатова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Институт научно-технической информации», г. Донецк

МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТЫ РОСТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

В статье проведён анализ патентной активности региона, выявлены основные проблемы и определён потенциал региона в сфере управления интеллектуальной собственностью. Полученные результаты позволили сделать вывод, что необходима комплексная поддержка со стороны органов власти, бизнеса, образовательных и научных учреждений, а формирование единой системы учета и мониторинга объектов интеллектуальной собственности является ключевым условием успешной реализации интеллектуального потенциала региона.

Ключевые слова: регион, экономическая активность, интеллектуальная собственность, патентная активность, патент, механизм развития

Для цитирования: Сподарева, Е. Г. Механизмы развития интеллектуальной собственности как инструменты роста экономической активности Донецкой Народной Республики / Е. Г. Сподарева, В. В. Солдатова // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2026. – № 1(56). – С. 67–75. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20522828>.

Введение

Экономическая активность региона представляет собой комплексный показатель, характеризующийся наличием множества параметров и отражающий интенсивность и качество хозяйственной деятельности экономических агентов, осуществляемой в определённой территориально-административной единице. Данный показатель интегрирует широкий спектр экономических индикаторов, включая: валовый региональный продукт; динамику инвестиций в основной капитал; уровень занятости и производительности труда; показатели внешнеэкономической деятельности; масштабы инновационной активности; финансовые потоки и налоговую базу региона.

Однако экономическая активность региона характеризуется не только количественными характеристиками, но и качественными, к которым относятся: структурные изменения в экономике; степень диверсификации производства; уровень технологического развития отраслей; эффективность использования ресурсов; способность к генерации и внедрению инноваций.

В условиях перехода к цифровой экономике и усилению глобальной конкуренции за технологические преимущества всё большую роль в развитии регионов играет интеллектуальная собственность (ИС) как особый вид нематериальных активов, формируемых в результате интеллектуальной деятельности.

Основными нерешёнными проблемами, сдерживающими влияние интеллектуальной собственности на экономическую активность регионов, являются:

- отсутствие единой системы учёта и мониторинга объектов интеллектуальной собственности;
- недостаточная правовая грамотность предпринимателей в вопросах охраны и коммерциализации объектов интеллектуальной собственности;
- ограниченный доступ к финансовым инструментам малого и среднего бизнеса

из-за высокой стоимости патентования интеллектуальных прав, предусматривающих использование интеллектуальной собственности в качестве залога;

- дефицит специалистов по управлению интеллектуальной собственностью на предприятиях;
- слабая координация между структурами власти, бизнеса, образования и науки.

Воздействие данных факторов приводит к сдерживанию процессов формирования развитого регионального рынка интеллектуальной собственности, что негативно отражается на динамике экономической активности.

Цель исследования – оценить влияние интеллектуальной собственности на экономическую активность региона и предложить механизмы развития интеллектуального потенциала в Донецкой Народной Республике.

Анализ последних исследований и публикаций

Эмпирические исследования подтверждают наличие устойчивой положительной корреляции между уровнем развития ИС в регионе и показателями его экономической активности [1–4]. Регионы с высокой патентной активностью, развитой системой защиты авторских прав и эффективной коммерциализацией интеллектуальной собственности демонстрируют более высокие темпы роста валового регионального продукта, повышенную долю инновационной продукции в общем объеме производства, большую привлекательность для прямых иностранных инвестиций и усиленные позиции на международных рынках высокотехнологичной продукции.

В контексте глобальных экономических вызовов и структурных изменений актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска новых источников экономической активности региона, реализуемых посредством эффективного развития и использования интеллектуальной собственности.

Следовательно, интеллектуальная собственность выступает как стратегический ресурс регионального развития, способный повысить экономическую активность. Однако её эффективное использование требует целенаправленной политики на всех уровнях управления с учётом специфики и потенциала конкретного региона.

Изложение основного материала исследования

Согласно ст. 1225 Гражданского кодекса РФ результатами интеллектуальной деятельности и приравненными к ним средствами индивидуализации юридических лиц, товаров, работ, услуг и предприятий, которым предоставляется правовая охрана (интеллектуальной собственностью), являются:

- 1) произведения науки, литературы и искусства;
- 2) программы для электронных вычислительных машин (ЭВМ);
- 3) базы данных;
- 4) исполнения;
- 5) фонограммы;
- 6) сообщение в эфир или по кабелю радио- или телепередач (вещание организаций эфирного или кабельного вещания);
- 7) изобретения;
- 8) полезные модели;
- 9) промышленные образцы;
- 10) селекционные достижения;
- 11) топологии интегральных микросхем;
- 12) секреты производства (ноу-хау);

- 13) фирменные наименования;
- 14) товарные знаки и знаки обслуживания;
14.1) географические указания;
- 15) наименования мест происхождения товаров;
- 16) коммерческие обозначения [5].

Экономическая сущность интеллектуальной собственности раскрывается через следующие ключевые характеристики:

- нематериальная природа ИС обладает коммерческой ценностью и способна приносить доход;
- исключительность прав через законодательную охрану предоставляет правообладателю монопольное право на использование объекта интеллектуальной собственности, что создаёт конкурентные преимущества;
- капитализируемость интеллектуальной собственности даёт возможность её оценки и учёта в балансе предприятия и вовлечение её в хозяйственный оборот посредством лицензирования, продажи или использования в качестве залога;
- воспроизводимость стоимости через многократное использование одного и того же объекта ИС в различных проектах исключает утрату первоначальной ценности;
- комбинирование различных объектов интеллектуальной собственности усиливает их совокупную ценность и создаёт синергетический эффект.

В контексте регионального развития интеллектуальная собственность выполняет ряд системообразующих функций:

- превращает знания в экономический актив;
- стимулирует генерацию новых знаний и технологий на территории региона через предоставление исключительных прав, что ведёт к созданию высокотехнологичных продуктов и услуг;
- повышает инвестиционную привлекательность региона за счёт наличия защищённых активов;
- создаёт уникальные конкурентные преимущества для региональных предприятий;
- обеспечивает возможность монетизации результатов интеллектуальной деятельности через лицензирование и продажу;
- увеличивает налоговые поступления через коммерциализацию интеллектуальной собственности, что позволяет финансировать социальные и инфраструктурные проекты;
- способствует созданию высококвалифицированных рабочих мест, что приводит к снижению уровня безработицы и росту доходов населения;
- благоприятствует образованию инновационных кластеров, где обмен знаниями и ресурсами даёт синергетический эффект;
- формирует репутацию региона как центра инноваций и технологического развития, увеличивая тем самым его экспортный потенциал.

Одним из важных показателей для оценки влияния интеллектуальной собственности на экономическую активность региона является показатель патентной активности, иллюстрирующий динамику количества заявок на патенты и количество выданных патентов.

Патент представляет собой документ, который защищает и предоставляет исключительные права на изобретения, полезные модели и промышленные образцы [6]. Количество подаваемых патентных заявок традиционно используется в качестве одного из ключевых индикаторов научно-технического потенциала страны.

Рисунок 1 наглядно демонстрирует диспропорцию в уровне патентной активности между странами, подчёркивая лидерство Китая и относительно низкий уровень инновационной деятельности в ряде развивающихся экономик.

Китай занимает первое место с показателем 4 977 тысяч заявок, значительно опережая другие страны, что демонстрирует высочайший уровень инновационной активности и разви-

тую систему защиты интеллектуальной собственности. Иран (560 тысяч заявок) и Индия (444 тысячи заявок) показывают умеренно высокий уровень патентной активности, уступая Китаю, но значительно превосходя остальные страны списка.

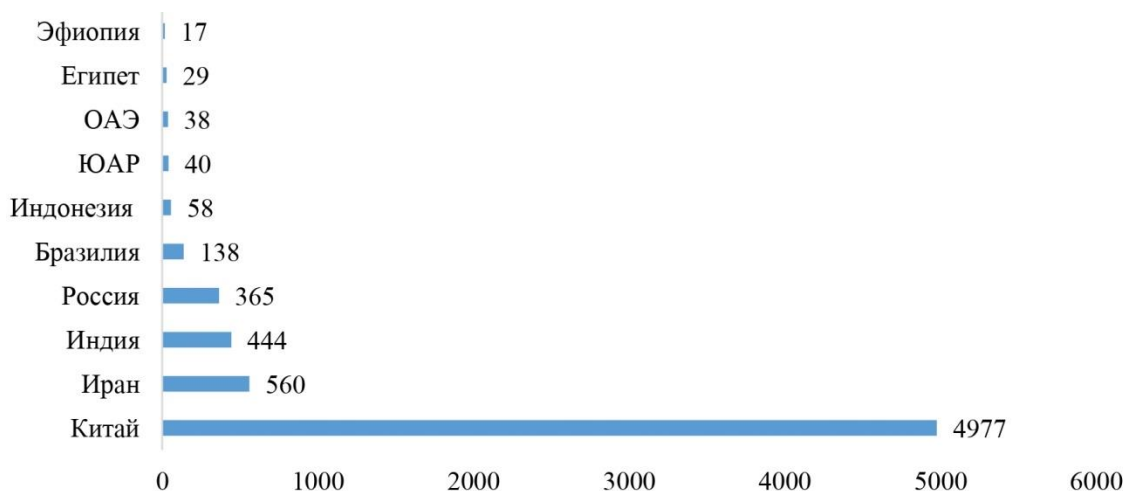


Рисунок 1 – Патентная активность в масштабах экономик стран БРИКС, число патентных заявок от резидентов на 100 млрд долл. ВВП [7]

Страны с минимальной активностью, такие как Эфиопия (17 тысяч заявок), Египет (29 тысяч заявок), ОАЭ (38 тысяч заявок) и другие показывают низкие показатели, что может быть связано с менее развитой инновационной экосистемой или недостаточной защитой интеллектуальной собственности. Россия занимает 19-е место с показателем 365 тысяч заявок, что свидетельствует о среднем уровне инновационной активности в сравнении с лидерами.

По данным Роспатента [7] в 2025 г. в России было подано 26 494 заявки на изобретения и 13 192 заявок на полезные модели (таблица).

Таблица – Топ-10 по патентной активности в субъектах Российской Федерации в 2025 году

Регионы-лидеры по подаче заявок на изобретения	Количество	Регионы-лидеры по подаче заявок на полезные модели	Количество
г. Москва	6 219	г. Москва	5 022
г. Санкт-Петербург	2 018	г. Санкт-Петербург	1 244
Московская область	1 223	Московская область	643
Республика Татарстан	961	Республика Татарстан	418
Краснодарский край	681	Свердловская область	344
Свердловская область	645	Самарская область	241
Новосибирская область	557	Республика Коми	210
Республика Башкортостан	461	Краснодарский край	202
Красноярский край	453	Нижегородская область	199
Воронежская область	448	Республика Башкортостан	197
.....
Всего заявок по РФ	26 494	Всего заявок по РФ	13 192

Из таблицы можно заметить неравномерность распределения патентной активности в регионах – 52 % заявок на изобретения и 66 % заявок на полезные модели приходится на 10 регионов-лидеров.

Присоединение Донецкой Народной Республики к Российской Федерации обусловило необходимость системной интеграции региона в правовое поле РФ и адаптацию к российским стандартам в сфере интеллектуальной собственности.

До интеграции правовая база региона имела фрагментарный характер, механизмы защиты интеллектуальной собственности не были полностью сформированы, а практика регистрации и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности до сих пор находится на ранней стадии развития.

При этом Донецкая Народная Республика уже имеет определённый опыт самостоятельного регулирования отношений и управления в сфере интеллектуальной собственности. Однако показатели существенно отстают от общероссийских. Доля зарегистрированных объектов интеллектуальной собственности в экономике региона остается крайне низкой (рисунок 2), но наблюдается значительный потенциал для роста экономической активности в Донецкой Народной Республике.

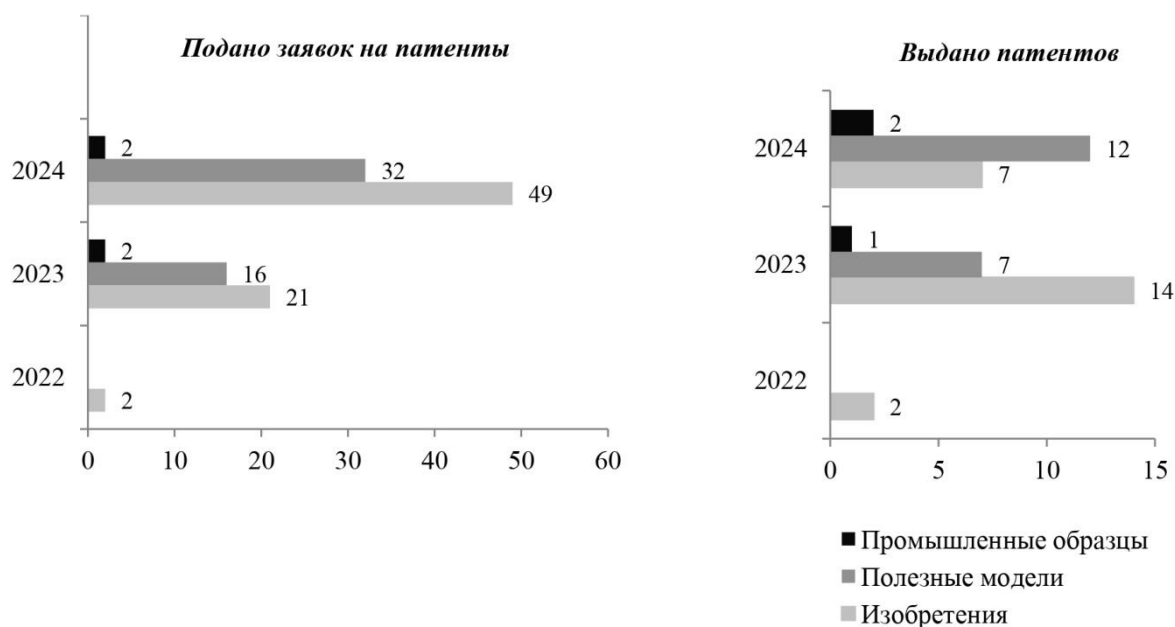


Рисунок 2 – Патентная активность Донецкой Народной Республики в 2022–2024 гг. [8]

Анализ данных, представленных на рисунке 2, демонстрирует устойчивую положительную динамику подачи заявок на изобретения и полезные модели в Донецкой Народной Республике. При этом темпы роста количества выданных патентов уступают темпам роста числа поданных заявок. Дисбаланс между объёмом поданных заявок и количеством выданных патентов (в 2024 году зафиксировано 49 заявок на изобретения и при этом выдано всего 7 патентов) свидетельствует об институциональных барьерах, таких как несформированная культура патентования, недостаточная развитость правовой базы, кадровый дефицит, отсутствие устойчивых механизмов взаимодействия между участниками рынка интеллектуальной собственности.

В целях активизации экономической активности региона и влияния интеллектуальной собственности на этот процесс целесообразным является применение механизмов развития интеллектуальной собственности на региональном уровне, представленных на рисунке 3.



Рисунок 3 – Механизмы развития интеллектуальной собственности в Донецкой Народной Республике [3, 4, 9–11]

Предложенные механизмы развития интеллектуальной собственности помогут создать благоприятную среду для инноваций, повысить уровень коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности и усилить взаимодействие между участниками рынка интеллектуальной собственности. Эффективное использование механизмов развития интеллектуальной собственности может стать катализатором инновационного развития, привлечения инвестиций и повышения конкурентоспособности региона.

Выводы

Интеллектуальная собственность является важным драйвером экономической активности региона. Для максимального эффекта необходима комплексная и целенаправленная поддержка со стороны федеральных и региональных органов власти, бизнеса, образовательных и научных учреждений. Внедрение современных механизмов развития и поддержки интеллектуальной собственности позволит Донецкой Народной Республике укрепить позиции региональных производителей на внутреннем и внешнем рынках, а также обеспечить качественный скачок в развитии региональной инновационной системы и устойчивый экономический рост Донецкой Народной Республики в долгосрочной перспективе.

Перспективным направлением дальнейших исследований является моделирование сценариев развития интеллектуальной собственности с учётом региональных особенностей и глобальных технологических трендов.

Статья подготовлена в рамках выполнения Государственного задания № 1024032600091-8-5.2.1 научно-исследовательской работы «Формирование механизма управления сферой интеллектуальной собственности в Донецкой Народной Республике как драйвер технологического развития региона».

Список литературы

1. Иванова, М. Г. Как оценить влияние интеллектуальной собственности на экономику страны / М. Г. Иванова, П. О. Кобылкина, Е. П. Целовальникова. – Текст : электронный // Управление наукой и наукометрия. – 2022. – Т. 17, № 3. – С. 292–308. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49748177> (дата обращения: 13.03.2026). – DOI 10.33873/2686-6706.2022.17-3.292-308.
2. Ильина, И. Е. Патентная активность региона как драйвер развития экономики России / И. Е. Ильина, Н. И. Золотых, И. В. Биткина. – Текст : электронный // Управление наукой и наукометрия. – 2022. – Т. 17, № 1. – С. 10–36. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48412246_31563088.pdf (дата обращения: 16.03.2026). – DOI 10.33873/2686-6706.2022.17-1.10-36.

3. Инструменты и методы региональной политики в сфере интеллектуальной собственности: теория и практика : монография / Ю. Д. Александров, А. В. Александрова, М. Ю. Аникеева ; под редакцией А. В. Суконкина. – Москва : Федеральный институт промышленной собственности, 2020. – 308 с. – ISBN 978-5-6042895-0-1. – URL: https://new.fips.ru/upload/medialibrary/Doc_Content/monographya-sukonkina-2020.pdf (дата обращения: 17.03.2026). – Текст : электронный.
4. Курган, Е. Г. Формирование системы управления интеллектуальной собственностью в Донецкой Народной Республике / Е. Г. Курган. – Текст : электронный // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2023 : сборник материалов, Казань, 20–22 сентября 2023 года. – Казань : ГБУ «НЦБЖД», 2023. – С. 558–566. – EDN EEJZIZ. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54763261_88160531.pdf (дата обращения: 18.03.2026).
5. Гражданский кодекс Российской Федерации от 18.12.2006 № 230-ФЗ. Ч. 4 : принят Государственной Думой 24 ноября 2006 года : одобрен Советом Федерации 8 декабря 2006 года : редакция от 23.07.2025. – Текст : электронный // URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=503517> (дата обращения: 19.03.2026).
6. Горячев, Д. А. Понятие патента. Механизм реализации права на патент / Д. А. Горячев. – Текст : электронный // Молодой ученый. – 2023. – № 26(473). – С. 225–229. – EDN NTBGGN. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54133921> (дата обращения: 20.03.2026).
7. 70 лет на защите интеллектуального достояния страны : 2025. Годовой отчет : Цифры. Факты. Проекты : [электронная презентация] / под общей редакцией Ю. С. Зубова. – 52 слайда. – Загл. с титул. экрана. – URL: <https://rospatent.gov.ru/content/uploadfiles/docs/032026/RP-Annual-2025-SHORT.pdf> (дата обращения: 23.03.2026). – Текст. Изображение : электронные.
8. Роспатент. Годовой отчет за 2024 год : цифры, факты, проекты : [электронная презентация] / под общей редакцией Ю. С. Зубова. – 60 слайдов. – Загл. с титул. экрана. – URL: <https://rospatent.gov.ru/content/uploadfiles/1/RP-Annual-2024-SHORT.pdf> (дата обращения: 23.03.2026). – Текст. Изображение : электронные.
9. Методические рекомендации для регионов по формированию стратегического видения и целевых показателей развития сферы интеллектуальной собственности для регионов Российской Федерации / [авт.-сост. М. Г. Иванова]. – Москва : Федеральный институт промышленной собственности, 2020. – 29 с.
10. Рекомендации по управлению правами на результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации в регионах Российской Федерации от 3 декабря 2018 года / Министерство экономического развития Российской Федерации. – 2018. – URL: <https://rospatent.gov.ru/ru/documents/rec-rid-03122018/download> (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.
11. Рекомендации Роспатента по управлению правами на результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации в регионах Российской Федерации. – 2018. – 26 с. – URL: <https://rospatent.gov.ru/ru/documents/rec-rid-region/download> (дата обращения: 25.03.2026). – Текст : электронный.

References

1. Ivanova M. G. How to Assess the Impact of Intellectual Property on the Country's Economy. M. G. Ivanova, P. O. Kobylkina, E. P. Tselovalnikova. *Upravlenie naukoj i naukometriya*. [Science Management and Scientometrics]. 2022. Vol. 17, № 3. Pp. 292–308. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49748177>. DOI 10.33873/2686-6706.2022.17-3.292-308.
2. Ilyina, I. E. Regional Patent Activity as a Driver of Russian Economic Development. I. E. Ilyina, N. I. Zolotykh, I. V. Bitkina *Upravlenie naukoj i naukometriya*. [Science Management and Scientometrics]. 2022. Vol. 17, № 1. Pp. 10–36. (In Russ.) URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48412246_31563088.pdf. DOI 10.33873/2686-6706.2022.17-1.10-36.
3. Instruments and Methods of Regional Policy in the Sphere of Intellectual Property: Theory and Practice : a monograph. Yu. D. Alexandrov, A. V. Alexandrova, M. Yu. Anikeeva; edited by A. V. Sukonkin. Moscow : Federal Institute of Industrial Property, 2020. 308 p. ISBN 978-5-6042895-0-1. (In Russ.) URL: https://new.fips.ru/upload/medialibrary/Doc_Content/monographya-sukonkina-2020.pdf
4. Kurgan E. G. Formation of an Intellectual Property Management System in the Donetsk People's Republic. *Mezhdunarodnyi forum KAZAN DIGITAL WEEK – 2023 : sbornik materialov, Kazan', 20–22 sentyabrya 2023 goda*. Kazan' : GBU «NTSBZHD» [International forum KAZAN DIGITAL WEEK – 2023 : collection of materials, Kazan, September 20–22, 2023. Kazan : State Budgetary Institution “NCBR”], 2023. Pp. 558–566. EDN EEJZIZ. (In Russ.) URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54763261_88160531.pdf
5. Civil Code of the Russian Federation of 18.12.2006 No. 230-FZ. Part 4 : adopted by the State Duma on 24 November 2006 : approved by the Federation Council on 8 December 2006 : version of 23.07.2025. (In Russ.) URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=503517>
6. Goryachev D. A. The Concept of a Patent. The Mechanism for Implementing Patent Rights. *Molodoi uchenyi*. [Young Scientist]. 2023. № 26(473). Pp. 225–229. EDN NTBGGN. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54133921>
7. 70 years of protecting the country's intellectual heritage : 2025. Annual report : Figures. Facts. Projects : [electronic presentation] edited by Yu. S. Zubov. 52 slides. (In Russ.) URL: <https://rospatent.gov.ru/content/uploadfiles/docs/032026/RP-Annual-2025-SHORT.pdf>

8. Rospatent. Annual Report for 2024: Figures, Facts, Projects : [electronic presentation] edited by Yu. S. Zubov. 60 slides. (In Russ.) URL: <https://rospatent.gov.ru/content/uploadfiles/1/RP-Annual-2024-SHORT.pdf>
9. Methodological recommendations for regions on the formation of a strategic vision and target indicators for the development of intellectual property for regions of the Russian Federation. [compiled by M. G. Ivanova]. Moscow : Federal Institute of Industrial Property, 2020. 29 p. (In Russ.)
10. Recommendations for the Management of Intellectual Property Rights and Means of Individualization in the Regions of the Russian Federation, dated December 3, 2018. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. 2018. (In Russ.) URL: <https://rospatent.gov.ru/ru/documents/rec-rid-03122018/download>
11. Rospatent's Recommendations for Managing Intellectual Property Rights and Means of Individualization in the Regions of the Russian Federation. 2018. 26 p. (In Russ.) URL: <https://rospatent.gov.ru/ru/documents/rec-rid-region/download>

Статья поступила 30.03.2026

© Е. Г. Сподарева, В. В. Солдатова, 2026

Рецензент: Е. С. Глушко, канд. экон. наук,

Автомобильно-дорожный институт

(филиал) ДонНТУ в г. Горловка

Е. Г. Сподарева, В. В. Солдатова

Механизмы развития интеллектуальной собственности как инструменты роста экономической активности Донецкой Народной Республики

Экономическая активность региона в современных условиях во многом определяется эффективностью использования интеллектуальной собственности как стратегического нематериального актива. Цель исследования – оценить влияние интеллектуальной собственности на экономическую активность Донецкой Народной Республики и предложить механизмы развития интеллектуального потенциала региона. В работе проведен анализ патентной активности субъектов Российской Федерации, в том числе Донецкой Народной Республики. Выявлены институциональные барьеры, среди которых: отсутствие единой системы учёта и мониторинга объектов интеллектуальной собственности, недостаточная правовая грамотность предпринимателей, дефицит специалистов по управлению интеллектуальной собственностью, высокая стоимость патентования и слабая координация между властью, бизнесом, наукой и образованием. На основе проведенного анализа предложены механизмы развития интеллектуальной собственности в Донецкой Народной Республике, включающие: комплекс мер по совершенствованию нормативно-правовой базы, созданию региональной системы учёта и мониторинга объектов интеллектуальной собственности, развитию кадрового потенциала, стимулированию коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности, а также активизации взаимодействия между органами власти, бизнесом, образовательными и научными учреждениями. Сделан вывод о том, что только при условии комплексной поддержки со стороны государства, бизнеса и научного сообщества, а также формирования единой системы учёта и мониторинга объектов интеллектуальной собственности Донецкая Народная Республика сможет в полной мере реализовать свой интеллектуальный потенциал и обеспечить устойчивый инновационный и экономический рост.

РЕГИОН, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ, ПАТЕНТНАЯ АКТИВНОСТЬ, ПАТЕНТ, МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ

E. G. Spodareva, V. V. Soldatova

Intellectual Property Development Mechanisms as Tools for Economic Growth in the Donetsk People's Republic

The region's economic activity in the current context is largely determined by the effective use of intellectual property (IP) as a strategic intangible asset. The objective of this study is to assess the impact of intellectual property on the economic activity of the Donetsk People's Republic and propose mechanisms for developing the region's intellectual potential. This study analyzes the patent activity of constituent entities of the Russian Federation, including the Donetsk People's Republic. Institutional barriers are identified, including the lack of a unified system for recording and monitoring IP assets, insufficient legal literacy among entrepreneurs, a shortage of intellectual property management specialists, the high cost of patenting, and poor coordination between government, business, science, and education. Based on this analysis, mechanisms for the development of intellectual property in the Donetsk People's Republic are proposed, including a set of measures to improve the regulatory framework, create a regional system for recording and monitoring IP assets, develop human resources, stimulate the commercialization of intellectual property assets, and enhance interaction

between government, business, and educational and scientific institutions. It is concluded that only with comprehensive support from the government, business, and the scientific community, as well as the formation of a unified system for recording and monitoring intellectual property objects, the Donetsk People's Republic will be able to fully realize its intellectual potential and ensure sustainable innovative and economic growth.

REGION, ECONOMIC ACTIVITY, INTELLECTUAL PROPERTY, PATENT ACTIVITY, PATENT, DEVELOPMENT MECHANISM

Сведения об авторах:

Сподарева Елена Григорьевна

Кандидат экономических наук, доцент,
старший научный сотрудник отдела анализа и развития интеллектуальной собственности Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Институт научно-технической информации», г. Донецк, ДНР, Российская Федерация,
SPIN-код РИНЦ: 5546-2006
ORCID: 0000-0003-2150-6791
AuthorID: 938500
Web of Science ID: GMW-6566-2022
Телефон: +7 949 365-05-15
Эл. почта: spodareva_inti@mail.ru

Солдатова Виктория Викторовна

И. о. директора Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Институт научно-технической информации», г. Донецк, ДНР, Российская Федерация,
Телефон: +7 949 320-59-12
Эл. почта: inti.dnr@mail.ru

Authors' information:

Spodareva Elena Grigorievna

Candidate of Economic Sciences, Docent,
Senior Researcher of the Intellectual Property Analysis and Development Department of Federal State Budgetary Scientific Institution "Institute of Scientific and Technical Information", Donetsk, DPR, Russian Federation,
RSCI SPIN: 5546-2006
ORCID: 0000-0003-2150-6791
AuthorID: 938500
Web of Science ID: GMW-6566-2022
Phone: +7 949 365-05-15
Email: spodareva_inti@mail.ru

Soldatova Viktoriia Viktorovna

Acting Director of Federal State Budgetary Scientific Institution "Institute of Scientific and Technical Information", Donetsk, DPR, Russian Federation,
Phone: +7 949 320-59-12
Email: inti.dnr@mail.ru

Bui Ba Khiem, Doctor¹, Bui Ngoc Mai¹, E. Iu. Rudneva, Cand. of Econ. Sciences²

1 – Hai Phong University, Hai Phong, Vietnam

2 – Automobile and Road Institute of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Donetsk National Technical University” in Gorlovka

RISK MANAGEMENT IN LINKAGES BETWEEN PRIVATE ENTERPRISES AND FOREIGN DIRECT INVESTMENT ENTERPRISES IN HAI PHONG

In the context of accelerating industrialization, Hai Phong affirms its role as a leading center for attracting foreign direct investment (FDI) in the country. However, the cooperative relationship between domestic private enterprises and foreign-invested enterprises still faces systemic risks, affecting cooperation efficiency and business sustainability. This article analyzes risks in the linkages between private enterprises and FDI enterprises in Hai Phong city based on the Enterprise Risk Management (ERM) theoretical framework and synthesizes statistical data, previous research, and practical reports. From there, it proposes several policy recommendations to contribute to improving linkage efficiency and promoting sustainable development between the domestic and foreign economic sectors in Hai Phong city.

Keywords: risks, foreign direct investment, private enterprises (DNTN), Hai Phong

Для цитирования: Bui Ba Khiem. Risk Management in Linkages Between Private Enterprises and Foreign Direct Investment Enterprises in Hai Phong / Bui Ba Khiem, Bui Ngoc Mai, E. Iu. Rudneva // Vesti Avtomobil'no-dorozhnogo instituta = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2026. – № 1(56). – Pp. 76–83. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20842017>.

Introduction

In the context of an increasingly deep and multi – dimensional international economic integration process, the foreign direct investment (FDI) sector has been playing a key role in promoting economic growth, restructuring the industrial base, and enhancing Vietnam’s national competitiveness. Hai Phong city is the locality attracting the second – largest FDI flow in the country, having formed an industrial ecosystem including a network of concentrated industrial zones, a deep-water seaport system, and synchronous logistics infrastructure, creating favorable premises for establishing and developing business links between FDI enterprises and the domestic private sector.

Practice shows that although the number of FDI projects in Hai Phong is constantly increasing, the level of participation of domestic private enterprises in FDI – led value chains remains limited. One of the important causes is the existence of many risks during the cooperation process, ranging from legal, financial, and technical risks to risks concerning the environment, supply chains, and management capacity. Previous studies have mainly focused on analyzing the positive impacts of linking with FDI enterprises on economic growth, while in – depth research on risks in private enterprise – FDI linkages, especially from a risk management perspective, is still relatively limited.

This article aims to fill the research gap by approaching the issue of private enterprise and FDI linkage from a risk management perspective.

The research objectives of the article are:

- 1) identify risks in private enterprise – FDI linkages;
- 2) analyze factors affecting risks;
- 3) evaluate the effectiveness of current risk management mechanisms and propose appropriate management and policy implications.

Theoretical basis and research overview

Concept and Classification of Risks in Business Linkages.

Risk is understood as the possibility of uncertain events occurring that could negatively affect the achievement of organizational goals. According to the Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission (COSO) [1], risk is associated with strategy and performance, requiring businesses to identify and manage it systematically. In the context of linkages between private enterprises and FDI enterprises, risks not only come from the external business environment but also arise during the process of cooperation, resource sharing, and benefit distribution. Business linkage risk can be understood as the possibility of conflicts, losses, or cooperation disruptions due to differences in goals, information, behavior, and the institutional environment between partners.

Based on a synthesis of research, risks in private enterprise – FDI linkages can be classified into main groups:

- 1) strategic risks;
- 2) information and information asymmetry risks;
- 3) contractual and legal risks;
- 4) operational risks;
- 5) financial and profit-sharing risks;
- 6) institutional risks.

These risk groups have interactive relationships and directly impact the efficiency as well as the sustainability of business linkages.

Foundational Theories.

The research is based on three main theoretical frameworks.

First, Transaction Cost Theory suggests that uncertainty and information asymmetry increase cooperation costs, thereby increasing linkage risks.

Second, Resource-Based View (RBV) emphasizes that capacity differences between FDI enterprises and private enterprises are the core cause of risk.

Third, Enterprise Risk Management (ERM) Framework provides a holistic approach to identifying, measuring, and controlling risks throughout all business activities.

Research Overview.

International studies indicate that linkages between FDI and domestic enterprises are often limited by technical capacity, quality standards, and the risk management capabilities of local firms. In Vietnam, many studies show that the localization rate in industrial sectors remains low, reflecting risks in participating in global value chains; some studies have mentioned risks such as transfer pricing, information asymmetry, and technological dependence [2, 3]. However, the number of studies approaching the issue from a risk management perspective is still limited, especially systematic studies in the Hai Phong locality. This is the research gap that the paper aims to address.

Research methodology

The study uses a synthetic approach, collecting secondary data from official statistical reports, research documents [4–7], and scientific works both domestically and internationally. The primary analysis methods include descriptive statistics, comparison, and content analysis to identify risk groups and assess their impact levels on the efficiency of private enterprise–FDI linkages.

Research results

Current status of risks in the linkages of private enterprises and FDI enterprises in Hai Phong.

According to statistics from the Hai Phong Economic Zone Authority as of 2025, Hai Phong recorded 1,761 valid FDI projects with a total capital of over 50,6 billion USD, most of which is located in industrial zones and economic zones – the main drivers for investment attraction. In the first 10 months of 2025, the city attracted an additional 165 FDI projects with registered capital of approximately 1,2 billion USD [8], showing that FDI flows still grow strongly year by year. The number of private enterprises in Hai Phong currently stands at 45,155 operating businesses, contributing significantly to GRDP, budget revenue, and job creation) (Table 1).

Table 1 – Statistics of FDI and Private Enterprises in Hai Phong City

Indicator	Data
Number of valid FDI projects	1,761 projects
Total registered FDI capital (as of 2025)	50,64 billion USD
Of which, FDI in industrial & economic zones	1,017 projects with 42,80 billion USD
New FDI projects (first 10 months of 2025)	165 new projects with 1,2 billion USD
Private enterprises operating in HP	45,155 enterprises
Contribution ratio of private enterprises	> 40 % GRDP; > 50 % domestic revenue
Number of operating FDI enterprises (approx)	> 1,700 enterprises
Number of industrial & economic zones	43 zones

(Source: Hai Phong Economic Zone Authority)

According to Mr. Le Trung Kien, Vice Chairman of the City People’s Committee and Head of the Hai Phong Economic Zone Authority, “The linkage between FDI enterprises and domestic enterprises is not yet tight; many large FDI projects remain like oases, having not yet formed highly competitive linked industry clusters; local enterprises mainly participate in processing and assembly stages with low added value. Besides, technology transfer activities are limited; Hai Phong has attracted factories but has not yet attracted Research and Development (R&D) centers. Technology transfer mainly stops at the operational level, without spreading source or core technology, making the city’s industry dependent on the outside. The supply of high-quality human resources also fails to meet requirements; the shortage of engineers and high-tech experts, especially in new technology fields, is reducing the attractiveness of the investment environment and hindering the development of future industrial sectors” [8].

Thus, in the linkage relationship, private enterprises and FDI enterprises in Hai Phong are still facing major risks that need to be considered for management:

- legal and Green Standard (ESG) Risks. These risks are newly arising but extremely difficult to overcome in the short term due to requirements from international markets such as the EU’s Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM). FDI enterprises have begun requiring suppliers in Hai Phong to prove green production processes and carbon emission reductions. Most Hai Phong private enterprises are using old technology, which is energy-intensive and lacks emission data management systems. The consequence is the risk of mass contract cancellations for failing to meet the green technical barriers of multinational corporations;
- risk of being replaced due to massive technology gaps. This is the most visible risk despite Kaizen programs or technical support; however, these programs have only stopped at a pilot scale with limited participating businesses compared to the city’s total of over 45,000, and the speed of technological innovation of FDI corporations like LG, Samsung, and Pegatron is much faster than the reinvestment capacity of Hai Phong private enterprises. When FDI enterprises upgrade production lines to new generations (e.g., from 4G to 5G, or full automation with robots), domestic private enterprises cannot secure loans in time to modernize corresponding machinery. Consequently, private enterprises are immediately eliminated from the supply chain, leading to “dead capital” risks as old machinery cannot be utilized for other customers. A comparison of the R&D resource gaps between LG and Hai Phong’s private enterprises is presented in Table 2.

Table 2 – Comparison of R&D resource gaps between LG and Hai Phong private enterprises

Index	LG Group (Typical FDI)	Hai Phong Private Enterprises (SMEs)
R&D expenditure rate	3–4,5 %	< 0,5 %
Number of R&D engineers	> 2,000 (in VN)	< 5 (average/enterprise)
Technology level	4.0 / Automation	2.0 / Semi-automatic

(Source: Synthesized from «LG Annual Reports», General Statistics Office, PCI-VCCI Report)

- risk of the processing trap and low added value. Although called a linkage in reality most Hai Phong private enterprises still stop at low-level supporting sectors. Domestic enterprises

mainly provide packaging, logistics, labor protection, or simple mechanical details. Core parts such as sophisticated electronic components, chips, and software are still imported by FDI enterprises from their existing overseas ecosystems. Consequently, private enterprises are stuck in low-profit segments, lacking sufficient profit margins to invest in R&D, leading to unsustainable development;

- risk of high-quality brain drain. A paradox is occurring in the Dinh Vu - Cat Hai economic zones: domestic private enterprises act as training schools for the FDI sector. The FDI sector in Hai Phong industrial zones, with strong financial potential, has attracted most of the city's high-tech labor and good managers. According to survey results in the 2023 PCI Report [9], although Hai Phong is in the leading group for labor training, personnel competition pressure from the FDI sector causes more than 60 % of domestic enterprises to face difficulties in retaining experts and technical labor. The turnover rate of core technical personnel in Hai Phong's supporting private enterprises to the FDI sector is estimated at 15–20 % per year, putting private enterprises in the trap of losing people after training. Consequently, domestic private enterprises not only find it hard to recruit but also frequently lose core personnel to the FDI sector, risking production disruption and leakage of business secrets and operational processes to competitors or partners;

- negotiation asymmetry risk. The disparity in economic status leads to contract terms that are often unfavorable to local private enterprises. FDI enterprises often apply delayed payment mechanisms (60–90 days), require annual price reductions of 5–10 % [10], and impose very heavy penalty clauses for violations. Consequently, private enterprises suffer from extreme financial pressure. When market fluctuations occur (such as rising raw material prices), private enterprises lack the ability to negotiate higher selling prices, leading to the risk of losses even with full orders.

Policies Hai Phong is implementing to manage private enterprise and FDI linkage risks.

1. Legal risk management policy. The city implements a direct dialogue mechanism to resolve problems right from the grassroots level. Hai Phong maintains periodic dialogue conferences to remove difficulties for FDI enterprises and connect investment–business (typically conferences organized by the Department of Finance and the Economic Zone Authority at the end of 2025). Administrative reform applies new regulations of the Investment Law (amended) from December 2025 [11] to narrow down cases requiring project adjustments, helping private enterprises and FDI respond faster to market fluctuations.

2. Technology risk management policy. To prevent private enterprises from being eliminated from supply chains due to obsolescence, the city applies Resolution No. 18/2025/NQ-HĐND [12] providing tax incentives for innovation activities, semiconductor circuits, and artificial intelligence. This is the key for private enterprises to upgrade technology levels to approach FDI requirements. Hai Phong has completed surveys and updated data on over 170 enterprises (mechanics, electronics, automotive...) on the national information system for FDI to easily search, reducing information asymmetry risks. The city aims for supporting technology to meet 60–65 % of local production demand by 2025.

High-quality human resource attraction policy [13]. The city offers support packages to attract talent; excellent graduates receive support up to 150 million VND when recruited into the city's key units. Social welfare support: Laborers from other localities coming to work are supported with 5 million VND/month for travel expenses and prioritized for social housing purchases (policy applied for the 2026 period). This helps supporting private enterprises reduce welfare cost pressures while still retaining people.

Finance and infrastructure policies to manage operational risk. Resolution 20/2025/NQ-HĐND [14] allows support for direct leasing of science and technology infrastructure assets without bidding, helping private enterprises access modern Labs and machinery at low costs. Hai Phong is deploying a free trade zone of over 6,000 hectares to create a specific business environment where private enterprises and FDI enjoy specific tariff and customs procedure incentives, minimizing logistics cost risks.

Overall, Hai Phong has issued many breakthrough policies like Resolutions 18 and 20 of 2025. However, “gaps” still exist that prevent FDI-private enterprise links from meeting expectations. Incentive policies for AI, semiconductors, or science and technology (Resolution 18/2025) [12] often

set very high standards. Most Hai Phong private enterprises are SMEs and lack the profile capacity to prove eligibility, and there is currently no specialized credit guarantee fund for supply chains. Banks still require real estate as collateral, while the largest assets of private enterprises – supply contracts with FDI firms and specialized machinery systems – are not accepted as collateral. Additionally, Hai Phong still lacks “soft” policies to encourage FDI enterprises to transfer technology to local firms. FDI enterprises still prioritize importing components from their existing overseas ecosystems or satellite businesses of the same nationality within Hai Phong.

Several proposals.

For the Hai Phong City Government.

Green standard risk management. Propose that the city government build support policies for consultancy costs, assessment, and granting of green/low-emission certificates for domestic private enterprises participating in FDI supply chains to help them overcome the risk of exclusion due to international green standards. Turn environmental risk compliance into a competitive advantage for Hai Phong private enterprises compared to other localities. Enterprises achieving green certification will be prioritized for access to green credit packages or supported with ground rental costs in eco-industrial zones (such as Deep C, Nam Cau Kien).

Financial risk management. Implement linked credit packages to help mitigate cash flow disruption risks for private enterprises participating in large supply chains. The city government works with commercial banks to build preferential loan packages based on orders or accounts receivable from reputable FDI enterprises (such as LG, Pegatron). Private enterprises can access capital without excessive collateral, thereby having resources to upgrade machinery timely according to FDI enterprise requirements.

Human resource risk management. Propose building human resource training policies based on orders and protecting personnel copyrights: the city government establishes joint technical training centers between industrial zones and local universities. Establish non-compete agreements monitored by the government. FDI enterprises commit not to solicit core personnel from private enterprise partners for a certain period to resolve brain drain risks from private enterprises to FDI, thereby helping create stable human resource flows for both sides and protecting private enterprise training investments.

For Hai Phong Private Enterprises (DNTN).

Green standard risk management. Private enterprises need to proactively apply standards like ISO 9001, ISO 14001, and especially Social Responsibility (RBA) or emission reporting (ESG) standards to reduce the risk of sudden contract termination due to global standard violations.

Technology risk management. Invest in core technology instead of just buying machinery to avoid obsolescence risks by allocating at least 3–5 % of revenue to R&D or digital skills training for employees. Should cooperate with universities in Hai Phong to solve specific technical problems requested by the FDI side.

Risk of replacement. Strategy of “customer portfolio diversification”; should not let one FDI customer account for more than 40 % of total revenue to mitigate chain collapse risks if the main FDI partner faces a crisis or shifts factories to another country.

Legal risk management. Build legal negotiation capacity, hire or consult professional law firms when signing contracts regarding terms such as payments, penalties, and intellectual property.

For FDI Enterprises in Hai Phong.

There is a need to consider domestic private enterprises as “strategic assets” to reduce global supply chain risks:

- shift from screening to nurturing. Instead of just eliminating weak suppliers, FDI enterprises should send experts to provide direct technical consultancy support at the private enterprise’s factory (similar to the Samsung model). This reduces risks of uneven product quality and lowers logistics costs compared to importing components;

- apply financial risk-sharing mechanisms. Consider shorter payment terms for local private enterprises or provide guarantees for them to borrow bank capital to buy machinery specifically for their own orders;

- prioritize peripheral technology transfer. Proactively transfer technologies that are old compared to global standards but still modern compared to local levels to gradually upgrade the supporting ecosystem in Hai Phong;

- transparency in localization roadmap. Provide private enterprises with a component demand plan for the next 3–5 years to reduce wrong-direction investment risks for them, helping them feel secure in pouring capital into machinery that the FDI side actually needs.

General recommendations for coordination between the two sides.

To manage common risks, both sides should establish regular interaction mechanisms:

- build emergency communication channels. Establish rapid response teams to handle supply chain incidents, raw material price fluctuations, or policy changes in Hai Phong;

- participate in local specialized associations. Join organizations together, such as the Supporting Industry Association, to have a common voice in recommending policies to the city government;

- cooperate on supply chain digital transformation. Jointly use order management platforms (connected ERP) to track production progress in real-time, helping eliminate risks of late delivery and inventory discrepancies.

Conclusions

In general, risk management in linkages between private enterprises and FDI enterprises is not only the task of each individual enterprise but requires a multi-level approach, combining the state, locality, intermediary organizations, and the enterprises themselves. Synchronous implementation of the above measures will contribute to improving linkage quality, minimizing risks, and heading toward the goal of sustainable development for the business sector in the context of international economic integration.

References

1. Enterprise Risk Management – Integrating with Strategy and Performance : Executive Summary / Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission. – June, 2017.
2. Thuong, Nguyen Thi. Transfer Pricing Activities of FDI Enterprises in Vietnam : Current Status and Solutions / Nguyen Thi Thuong. – Текст : электронный // Journal of Economy and Forecast – Ministry of Planning and Investment : [online Newspaper]. – 2024. – URL: <https://kinhtevadubao.vn/hoat-dong-chuyen-gia-cua-cac-doanh-nghiep-fdi-tai-vietnam-thuc-trang-va-giai-phap-30474.html> (дата обращения: 22.01.2026).
3. Hong Anh Strengthening the Link Between the Foreign-Invested Enterprise (FDI) Sector and the Domestic Enterprise Sector, Creating Conditions for Domestic Enterprises to Participate in Global Value Chains. – Текст : электронный // Vietnam Industry and Trade Information Centre : [website]. – URL: <https://thongtinconghuong.vn/> (дата обращения: 23.01.2026).
4. Resolution № 68-NQ/TW. On Private Economic Development : dated May 4, 2025 / Politburo. – 2025.
5. Resolution № 45-NQ/TW. On the Construction and Development of Hai Phong City to 2030, With a Vision to 2045 : dated January 24, 2019 / Politburo. – 2019.
6. Conclusion № 96-KL/TW. On Continuing the Implementation of Resolution № 45-NQ/TW : dated September 30, 2024 / Politburo. – 2024.
7. Government Decree № 132/2020/NĐ-CP. On Tax Management for Enterprises with Related-party Transactions : dated November 5, 2020.
8. Truong, Xuan. Promoting FDI Resources in Economic Zones and Industrial Zones in Hai Phong / Xuan Truong. – Текст. Изображение : электронные // Nhan Dan : [online Newspaper]. – URL: <https://nhandan.vn/phat-huy-nguon-luc-fdi-tai-cac-khu-kinh-te-khu-cong-nghiep-o-hai-phong-post925821.html> (дата обращения: 27.01.2026).
9. Vietnam Provincial Competitiveness Index (PCI) 2023 Report / Vietnam Chamber of Commerce and Industry. – Hanoi Vietnam, 2024. – URL: <https://pcivietnam.vn> (дата обращения: 26.01.2026). – Текст : электронный.
10. Report on the Status of Vietnamese Enterprises Participating in Global Supply Chains 2025 / Vietnam Chamber of Commerce and Industry (VCCI). – Hanoi : Finance Publishing House, 2025.
11. Law on Investment (Amended) № 143/2025/QH15 : National Assembly of the Socialist Republic of Vietnam 11 December 2025 (effective 1 March 2026). – Hanoi, Vietnam, 2025.
12. Resolution № 18/2025/NQ-HĐND. On Criteria, Conditions, Order, and Procedures for Tax Incentives for Innovative Startup Activities, Innovation, Semiconductor Circuits, and Artificial Intelligence in Hai Phong City : Hai Phong City People’s Council : dated October 26, 2025.

13. Resolution № 53/2025/NQ-HĐND. On Mechanisms and Policies to Attract and Utilize Talented Individuals and High-Quality Human Resources in Hai Phong City : Hai Phong City People’s Council dated December 12, 2025 // Hai Phong City : [official Portal]. – 2025.

14. Resolution № 20/2025/NQ-HĐND. On Contents, Support Levels, Support Duration, Criteria, and Subjects Entitled to Support for Direct Leasing of Science and Technology Infrastructure Assets Without Bidding for Operation : Hai Phong City People’s Council : dated October 26, 2025.

Статья поступила 23.01.2026

© Буй Ба Кхьем, Буи Нгок Май, Е. Ю. Руднева, 2026

*Рецензент: Л. С. Медведева, канд. экон. наук, доц.,
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический
университет», г. Ростов-на-Дону*

Буй Ба Кхьем, Буи Нгок Май, Е. Ю. Руднева

Управление рисками во взаимодействии частных предприятий и предприятий с прямыми иностранными инвестициями в городе Хайфон

В условиях растущей международной экономической интеграции сектор прямых иностранных инвестиций (ПИИ) играет ключевую роль в развитии Вьетнама. Город Хайфон, который привлекает второй по величине поток ПИИ в стране, обладает развитой промышленной и логистической инфраструктурой, создающей благоприятные условия для взаимодействия иностранных и отечественных предприятий. Однако, несмотря на рост числа проектов ПИИ, уровень вовлеченности местного частного бизнеса в производственные цепочки остается низким из-за множества рисков (юридических, финансовых, технических и т. д.).

Поскольку вопросы управления рисками в связях между частными предприятиями и ПИИ изучены недостаточно, данное исследование нацелено на восполнение этого пробела и рассматривает проблему взаимодействия указанных субъектов через призму риск-менеджмента.

Проведен анализ рисков, имеющих место при взаимодействии частных предприятий и предприятий с ПИИ в городе Хайфон на основе теоретической концепции управления рисками предприятия, а также обобщены статистические данные, результаты предыдущих научных исследований и практические отчеты. Рассмотрена политика, которую реализует правительство Хайфона для управления рисками в правовой, финансовой и инфраструктурной сферах, а также в сферах управления технологическим риском и привлечения человеческих ресурсов.

Предложены рекомендации, направленные на повышение эффективности связей и содействие устойчивому развитию между отечественным и иностранным секторами экономики в городе Хайфон, среди которых: создание каналов экстренной связи, участие в местных специализированных ассоциациях, сотрудничество в области цифровой трансформации цепочки поставок.

РИСКИ, ПРЯМЫЕ ИНОСТРАННЫЕ ИНВЕСТИЦИИ, ЧАСТНЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ (ПРЕДПРИЯТИЯ ЧАСТНОГО СЕКТОРА), ХАЙФОН

Bui Ba Khiem, Bui Ngoc Mai, E. Yu. Rudneva

Risk Management in Linkages between Private Enterprises and Foreign Direct Investment Enterprises in Hai Phong

In the context of growing international economic integration, the foreign direct investment (FDI) sector plays a key role in Vietnam’s development. Hai Phong, which attracts the second largest inflow of FDI in the country, has a developed industrial and logistics infrastructure that creates favorable conditions for linkages between foreign and domestic enterprises. However, despite the growing number of FDI projects, the level of local private business involvement in production chains remains low due to numerous risks (legal, financial, technical, etc.).

Since the issues of risk management in the relationships between private enterprises and FDI have not been sufficiently studied, this study aims to fill this gap and examines the problem of linkages between these entities based on the risk management.

This article analyzes risks in the linkages between private enterprises and FDI enterprises in Hai Phong city based on the Enterprise Risk Management (ERM) theoretical framework and synthesizes statistical data, previous research, and practical reports. It examines the policy implemented by the Hai Phong government to manage risks in the legal, financial, infrastructure, technological and human resource management areas.

From there, the article proposes several policy recommendations to contribute to improving linkage efficiency and promoting sustainable development between the domestic and foreign economic sectors in Hai Phong city including creating emergency communication channels, participating in local specialist associations, and collaborating on digital transformation of the supply chain.

RISKS, FOREIGN DIRECT INVESTMENT, PRIVATE ENTERPRISES (DNTN), HAI PHONG

Сведения об авторах:**Буй Ба Кхьем**

Доктор наук, доцент,
 начальник отдела науки, технологий и международного сотрудничества, Хайфонский университет, г. Хайфон, Вьетнам,
 Телефон: +84904773579
 Эл. почта: khiembb@dhhp.edu.vn

Буй Нгок Май

Преподаватель факультета экономики и управления бизнесом, магистр управления экономикой, Хайфонский университет, г. Хайфон, Вьетнам,
 Телефон: 0965139313
 Эл. почта: maibn@dhhp.edu.vn

Руднева Елена Юрьевна

Кандидат экономических наук, доцент,
 Доцент кафедры «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: 8572-9465
 Телефон: +7 988 587-20-39
 Эл. почта: rudneva_elena@mail.ru

Authors' information:**Bui Ba Khiem**

Doctor, Associate Professor,
 Head of the Department of Science, Technology and International Cooperation, Hai Phong University, Hai Phong, Vietnam,
 Phone: +84904773579
 Email: khiembb@dhhp.edu.vn

Bui Ngoc Mai

Lecturer of the Faculty "Economics and Business Management", Master of Economic Management, Hai Phong University, Hai Phong, Vietnam,
 Phone: 0965139313
 Email: maibn@dhhp.edu.vn

Rudneva Elena Iurievna

Candidate of Economic Sciences, Docent,
 Associate Professor of the Chair "Management of Organizations" of Automobile and Road Institute of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,
 RSCI SPIN: 8572-9465
 Phone: +7 988 587-20-39
 Email: rudneva_elena@mail.ru

**В. Н. Алехин¹, Е. П. Мельникова, д-р техн. наук¹,
В. В. Трубочанин, д-р экон. наук¹, В. Ю. Мурай²**

**1 – Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
2 – ООО «Научно-производственное объединение
«Ясиноватский машиностроительный завод», г. Ясиноватая**

АНАЛИЗ РЫНКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ РОССИИ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В статье рассмотрены вопросы особенностей рынка машиностроительной продукции Российской Федерации (горнопроходческих машин), место машиностроения в общей структуре промышленности России и Донецкой Народной Республики, а также определены основные производители горнопроходческой техники России.

На основании анализа рынка проходческой техники России за 2022–2024 гг. выявлены объективные тенденции развития и возможности создания конкурентных преимуществ предприятий горного машиностроения.

Ключевые слова: *машиностроительная промышленность, производство, продукция, проходческий комбайн, погрузочная машина, тоннелепроходческий комплекс, рынок, потребитель, объем продаж*

Для цитирования: Анализ рынка машиностроительной продукции России: тенденции и перспективы / В. Н. Алехин, Е. П. Мельникова, В. В. Трубочанин, В. Ю. Мурай // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2026. – № 1(56). – С. 84–92. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20638549>.

Введение

Развитие машиностроения определяет общий уровень развития экономики страны. В период реформирования экономики России с момента развала СССР (1990–2000 гг.), при переходе от административной системы к рыночной, произошли негативные изменения в структуре экономики в сторону снижения доли машиностроения и увеличения доли сырьевых секторов экономики [1]. Такая тенденция коснулась и экономики Донецкой Народной Республики (в 1990–2000 гг. Донецкая область Украины).

В настоящее время доля машиностроения в Донецкой Народной Республике в общем объеме промышленности Республики составляет в среднем 3%. Основными причинами спада производственной деятельности стали: разрыв устоявшихся кооперационных связей. проблемы адаптации предприятий к новым рыночным условиям хозяйствования. Все это послужило основанием сокращения номенклатуры выпускаемой продукции [2].

В условиях растущей конкуренции и изменений, происходящих в глобальной торговле, производителям важно понимать ключевые тенденции рынка, анализировать структуру основного спроса и предлагать актуальные решения для привлечения предприятий горнодобывающей отрасли к освоению новых видов продукции, которые востребованы на рынке, проводить реинжиниринг производства.

В связи с этим, исследование тенденций возможного развития реинжиниринга узконаправленных предприятий машиностроительной отрасли для создания конкурентных преимуществ является особенно актуальным.

Цель работы – исследовать рынок ключевых производителей горнопроходческой техники Российской Федерации. Разработать рекомендации по повышению конкурентных позиций рынка горнопроходческой техники.

Анализ последних исследований и публикаций

Институтом экономических исследований Донецкой Народной Республики [2] проведен частичный анализ состояния машиностроительной отрасли Республики без сравнения с аналогичными предприятиями России. В части оценки состояния импортозамещения оборудования для предприятий угольной промышленности использованы материалы авторов А. А. Рожкова и С. М. Карпенко [3]. Однако вопросы формирования конкурентных преимуществ машиностроительных предприятий, в т. ч. вопросы возможностей в импортозамещении новых субъектов Российской Федерации изучены недостаточно глубоко и требуют дальнейшего исследования.

Изложение основного материала исследования

Промышленное производство играет ключевую роль в экономике, обеспечивая выпуск товаров и материалов, необходимых для различных отраслей. Оно подразделяется на несколько основных частей: добычу полезных ископаемых, металлургию и обрабатывающие производства, куда и входит машиностроение.

Без машиностроения сегодня не может существовать какая-либо материальная сфера деятельности человека. Оно обеспечивает техникой и оборудованием все отрасли экономики, формирует индустриальную базу военно-промышленного комплекса, служит крупнейшей областью внедрения достижений научно-технического прогресса, открывает перспективы освоения космического пространства. Развитие машиностроения является фактором экономического благосостояния государства, определяющим его позицию на мировой политической арене.

Предприятия тяжелого машиностроения обладают рядом специфических характеристик, а именно: низким уровнем рентабельности, высоким уровнем накладных расходов, энергоемкостью и металлоемкостью, длительным производительным циклом и, как следствие, длительным периодом возвратности инвестиций.

Промышленность РФ в своем составе имеет основные отрасли: машиностроительную – 19,6 %, металлургию и металлоизделия – 15,3 %, пищевую промышленность – 18,5 %, химическую промышленность – 7,8 %, легкую промышленность – 1,0 % и прочие обрабатывающие отрасли – 37,8 % (рисунок 1).

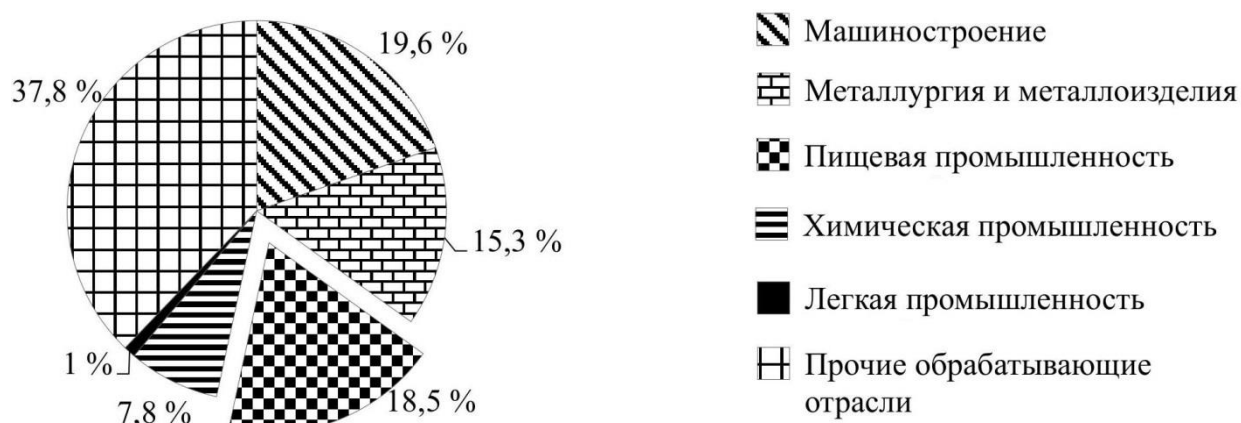


Рисунок 1 – Структура промышленности РФ

Анализ индекса промышленного производства (таблица 1) с 2022 года показывает его рост, также растет доля машиностроения в общей структуре промышленности. По данным Росстата показатель роста составил 19,6 % или 17,5 трлн руб. Индексы производства по основным видам обрабатывающих производств, а именно выпуску машин и оборудования, не включенных в другие группировки, в 2024 году по отношению к 2022 году составили 154 % [4].

Таблица 1 – Общие тенденции рынка промышленности Российской Федерации (2022–2024 гг.)

Год	Индекс промышленного производства, % к предыдущему году	Объем отгруженной продукции, трлн руб.	Доля машиностроения в промышленности
2022	99,3	14,8	18,5
2023	108,1	16,2	19,0
2024	102,3	17,5	19,6

Ключевыми факторами роста внутреннего рынка машиностроения явились:

– активное развитие внутреннего спроса за счёт госзаказа и инфраструктурных проектов национального масштаба (примером служит проект строительства автодороги Джубга-Сочи);

– программы поддержки отечественных производителей. Минпромторг РФ в своем докладе за 2023 год упоминает, что около 55 % промышленных предприятий участвовали в программах господдержки (субсидии, льготные кредиты). Для высокотехнологичных отраслей, включая машиностроение, эта доля выше – до 65 %. Программы и подпрограммы мер государственной поддержки отображены в презентации Минпромторга РФ [5].

– государственная программа импортозамещения в сегментах, зависимых от западных поставщиков. Особенно следует отметить производство горно-проходческой техники по анализируемым в статье позициям – 05TM7 (Высокопроизводительные проходческие комплексы для проведения выработок с анкерным креплением); 05TM08 (Высокопроизводительные проходческо-добычные комплексы для добычи калийных руд); 05TM9 (Проходческие комбайны) [6].

– организация межрегиональных промышленных кластеров по производству горно-шахтного оборудования. В нашем случае примером служит межрегиональный промышленный кластер «КЭМЗ» (одним из предприятий кластера является общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное объединение «Ясиноватский машиностроительный завод» [7].

Машиностроение делится на несколько подотраслей, основные из которых показаны на диаграмме (рисунок 2). Данные подотрасли, в свою очередь, подразделяются на подгруппы по видам производимой продукции: тяжелое машиностроение – это производство крупнотонажного металлургического оборудования, оборудования для горнодобывающей отрасли, грузоподъемного оборудования; транспортное машиностроение – это производство автомобильной продукции, транспортных машин и оборудования, иной строительной и сельскохозяйственной техники; энергетическое машиностроение – это производство оборудования для нефтегазовой и химической промышленности, турбин и агрегатов для производства электрической энергии.

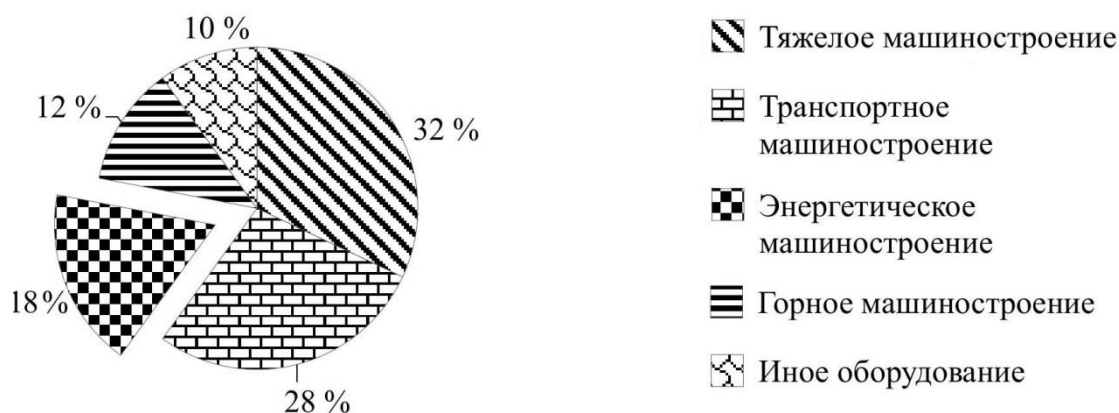


Рисунок 2 – Основные подотрасли машиностроения

Основными производителями горно-проходческого оборудования в России являются: Копейский машиностроительный завод, Юргинский машиностроительный завод, Ясиноватский

машиностроительный завод. Со стороны иностранных производителей в России представлены фирмы Sandvik Mining и XCMG (таблица 2) [8].

Таблица 2 – Основные производители горнопроходческого оборудования и их доля на рынке в 2024 году

Производитель	Регион	Основная продукция	Доля рынка %
Копейский машиностроительный завод	Челябинская область	Проходческие комбайны, погрузочные машины	30 (2024 г.)
Юргинский машиностроительный завод	Кемеровская область	Проходческие комбайны, буровые установки	25 (до 2021 г.)
Ясиноватский машиностроительный завод	Донецкая Народная Республика	Импортзамещающие проходческие комбайны, тоннелепроходческие комплексы, породопогрузочные машины	20 (2024 г.)
Sandvik Mining	Королевство Швеция	Проходческая техника (поставки до 2022 г.)	15 (до февраля 2022 г.)
XCMG	Китайская Народная Республика	Тоннелепроходческие комплексы, проходческие комбайны	10 (2024 г.)

Проведенный анализ показал, что данные по Юргинскому машзаводу взяты по итогам 2021 г. (с 2022 г. предприятие комбайны не выпускает) (таблица 2), доля отечественного производителя горнопроходческой техники в 2024 г. занимает 75 % внутреннего рынка потребления. Однако на настоящее время в России отсутствует возможность производить тоннелепроходческие комплексы с диаметром проходки более 8 м. В связи с чем удовлетворение потребности в таком оборудовании зависит от импорта из других стран, в основном из Китайской Народной Республики.

Динамика производства проходческой техники за период 2022–2024 гг. показала (таблица 3) рост спроса на отечественную продукцию, что обусловлено, в первую очередь, уходом с отечественного рынка основных иностранных производителей из-за экономических санкций [4].

Таблица 3 – Производство основных видов проходческой техники в РФ (2022–2024 гг.)

Год	Проходческие комбайны, шт.	Тоннелепроходческие комплексы, шт.	Буровые установки**, шт.
2022	24 (без учета ДНР)*	0	12
2023	32	Запчасти	14
2024	37	Запчасти	15
Индекс производства 2024 г. к 2022 г., %	154	–	125

*В 2022 году Росстат не отражал в основной статистике показатели промышленного производства в Донецкой Народной Республике

**Индекс производства указанных видов продукции в официальных данных отсутствует, поэтому анализ составлен авторами на основе данных Росстата, Минпромторга РФ, официальных сайтов производителей (КМЗ, Уралмаш, ЯМЗ), отраслевых обзоров журнала Metalinfo, Донецкого агентства новостей, а также аналитических оценок по объему поставок проходческой техники на рынок РФ в 2024 г.

Установлено, что:

– до 2022 г. рынок горнопроходческой техники был зависим от поставок оборудования компаний Sandvik, Herrenknecht, Joy Global. После введения санкций импорт из ЕС и США

практически прекратился, в том числе и запасных частей, что повлияло на стабильность работы отечественных горнодобывающих предприятий из-за невозможности сервисного обслуживания и ремонта импортной техники;

– российские предприятия нарастили выпуск аналогов проходческих комбайнов и иной горнопроходческой техники. Индекс производства только проходческих комбайнов составил +154 % в сравнении с 2022 г. (годом принятия масштабных санкций в отношении России). В частности, Ясиноватский машиностроительный завод в 2024 г. самостоятельно спроектировал и изготовил импортозамещающий проходческий комбайн КСП-130 тяжелой серии, при этом за счет кооперации в рамках межрегионального промышленного кластера «КЭМЗ» комбайн был укомплектован полностью взрывозащищенными электрическими двигателями и системой управления отечественного производства;

– данный подход в программе импортозамещения имеет положительный эффект, так как в цепочке производства задействованы только отечественные производители и зависимость от импортных комплектующих минимальна. При этом существует приоритет в получении программ господдержки (таблица 4).

Таблица 4 – Тенденции и перспективы развития горного машиностроения в России (в т. ч. и в ДНР)

Стратегические направления развития	Характеристика
1	2
1. Развитие внутреннего рынка горнопроходческой техники за счет восстановления добычи полезных ископаемых в ДНР и ЛНР	Восстановление шахт и добычи коксующихся и энергетических углей Донецкого бассейна
2. Создание и производство импортозамещающей продукции	Освоение новых видов горнопроходческой техники в рамках импортозамещения зарубежных аналогов
3. Меры государственной поддержки	К существующим мерам господдержки (субсидии, льготные кредиты) необходимо обязательно добавить гранты для отечественных производителей на модернизацию производства, а также создание системы государственных заказов для производства горнопроходческой техники (в настоящее время эти направления отсутствуют)
4. Проведение частичной модернизации технического парка оборудования предприятий горного машиностроения ДНР	Износ основного оборудования составляет 80 % и выше. Для выпуска конкурентоспособной и качественной продукции необходима срочная модернизация оборудования. Одним из ключевых факторов, влияющих на конкурентоспособность машиностроения, является технологическая модернизация. Однако анализ показывает, что только 11 % предприятий отрасли внедрили «прорывные» технологии. Основные инвестиции направляются на замену выходящих мощностей, а не на их расширение. Это свидетельствует о том, что предприятия сосредоточены на поддержании текущего уровня производства, а не на его значительном увеличении. Таким образом, технологическая модернизация в машиностроении носит ограниченный характер и не способствует значительному росту объемов производства

Продолжение таблицы 4

1	2
5. Кадровая политика: улучшение системы подготовки кадров для машиностроительной отрасли может стать ключом к решению проблемы снижения производительности труда	Данные Росстата: в 2023 г. производительность труда в обрабатывающей промышленности упала на 12 % к уровню 2021 г. В машиностроении снижение составило 15–18 %

Выводы

Развитие машиностроения, в том числе горного, требует комплексного подхода, объединяющего модернизацию предприятий, адаптацию к новым требованиям рынка и реализацию стратегий роста. Для устойчивого развития машиностроения и конкурентоспособности необходимо:

- модернизировать существующие мощности и внедрять «прорывные» технологии;
- снижать зависимость от импорта и развивать собственные производственные центры;
- ориентироваться не на количественные показатели, а на натуральные показатели выпуска и производительность труда;
- учесть в мерах государственной поддержки возможность обязательного госзаказа для предприятий горного машиностроения.

Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.

Список литературы

1. Управление машиностроительным предприятием / С. Г. Баранчикова, Т. Е. Дашкова, И. В. Ершова [и др.]. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 252 с. – ISBN 978-5-7996-1494-2.
2. Экономика Донецкой Народной Республики: состояние, проблемы, пути решения : коллективная монография / коллектив авторов ГБУ «Институт экономических исследований» ; под науч. ред. А. В. Половяна ; ГБУ «Институт экономических исследований». – Донецк, 2024. – 292 с.
3. Рожков, А. А. Оценка уровня импортозависимости угольной промышленности России и подготовки инженерных кадров для импортозамещения горного оборудования / А. А. Рожков, С. М. Карпенко. – Текст : электронный // Горная промышленность. – 2020. – № 4. – С. 24–36. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43903421> (дата обращения: 21.01.2026).
4. Российский статистический ежегодник 2025 : сборник статей / Федеральная служба государственной статистики (Росстат) ; редкол. А. В. Горобцов [и др.]. – Москва, 2025. – 621 с. – URL: https://www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2025.pdf (дата обращения: 14.01.2026).
5. Формы государственной поддержки промышленности. Государственная программа «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» : [электронная презентация] / Минпромторг России. – 31 слайд. – URL: [https://www.aluminas.ru/upload/documents/GP_razvitie_promyshlenosti_povysh_konkurentosposobnosti\[1\].pdf](https://www.aluminas.ru/upload/documents/GP_razvitie_promyshlenosti_povysh_konkurentosposobnosti[1].pdf) (дата обращения: 15.01.2026). – Текст. Изображение : электронные.
6. О внесении изменений в план мероприятий по импортозамещению в отрасли тяжелого машиностроения Российской Федерации на период до 2024 года : утвержден приказом Минпромторга России от 7 июля 2021 г. № 2486 (в редакции приказа Минпромторга России от 2 августа 2022 г. № 3226). – Текст : электронный // ППТ. РУ : [отраслевое интернет-издание для малого и среднего бизнеса] : [сайт]. – URL: <https://pravo.ppt.ru/prikaz/minpromtorg/n-3226-287147> (дата обращения: 16.01.2026).
7. Опыт создания промышленного кластера с участием предприятий, расположенных на территории новых субъектов Российской Федерации : Межрегиональный «Промышленный кластер «КЭМЗ» : [электронная презентация] / [Ю. В. Шаронина ; Управляющая компания «Промышленный технопарк «КЭМЗ»]. – Кемерово, 2024. – 26 слайдов. – URL: https://soyuzmash.ru/docs/kom/125213/20.08.2024_Sharonin.pdf (дата обращения: 19.01.2026). – Текст. Изображение : электронные.
8. Прокопенко, Н. П. Логистический потенциал цепей поставок машиностроительного предприятия / Н. П. Прокопенко, Л. Р. Амирханова. – Текст : электронный // Экономика и управление. – 2023. – № 6(174). – С. 96–104. – URL: <https://elibrary.ru/kkdmsf> (дата обращения 20.01.2026).

References

1. Machine-Building Enterprise Management. S. G. Baranchikova, T. E. Dashkova, I. V. Ershova [et al.]. Yekaterinburg : Ural University Press, 2015. 252 p. ISBN 978-5-7996-1494-2. (In Russ.)
2. The Economy of the Donetsk People's Republic: Status, Problems, and Solutions : A Collective Monograph. Authors : Institute of Economic Research; edited by A. V. Polovyan; Institute of Economic Research. Donetsk, 2024. 292 p. (In Russ.)
3. Rozhkov A. A. Assessment of the Import Dependence Level of the Russian Coal Industry and the Training of Engineering Personnel for Import Substitution of Mining Equipment. A. A. Rozhkov, S. M. Karpenko. Gornaya promyshlennost'. [Mining Industry]. 2020. № 4. Pp. 24–36. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43903421>
4. Russian Statistical Yearbook 2025 : A Collection of Articles. Federal State Statistics Service (Rosstat); Editing Board : A. V. Gorobtsov et al. Moscow, 2025. 621 p. (In Russ.) URL: https://www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2025.pdf
5. Forms of state support for industry. State program “Development of Industry and Improving its Competitiveness” : [electronic presentation]. Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation. 31 slides. (In Russ.) URL: [https://www.aluminas.ru/upload/documents/GP_razvitie_promyshlennosti_povysh_konkurentosposobnosti\[1\].pdf](https://www.aluminas.ru/upload/documents/GP_razvitie_promyshlennosti_povysh_konkurentosposobnosti[1].pdf)
6. On Amendments to the Import Substitution Action Plan for the Heavy Engineering Sector of the Russian Federation through 2024 : approved by Order No. 2486 of the Ministry of Industry and Trade of Russia dated July 7, 2021 (as amended by Order No. 3226 of the Ministry of Industry and Trade of Russia dated August 2, 2022). PPT.RU : [industry online publication for small and medium businesses] : [website]. (In Russ.) URL: <https://pravo.ppt.ru/prikaz/minpromtorg/n-3226-287147>
7. Experience in creating an industrial cluster with the participation of enterprises located in the territory of new constituent entities of the Russian Federation : Interregional “Industrial Cluster KEMZ” : [electronic presentation]. [Yu. V. Sharonina; Management Company “Industrial Technology Park KEMZ”]. Kemerovo, 2024. 26 slides. (In Russ.) URL: https://soyuzmash.ru/docs/kom/125213/20.08.2024_Sharonin.pdf
8. Prokopenko N. P. Logistics Potential of Supply Chains in a Mechanical Engineering Enterprise. N. P. Prokopenko, L. R. Amirkhanova. *Ehkonomika i upravlenie* [Economics and Management]. 2023. № 6(174). Pp. 96–104. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/kkdmsf>

Статья поступила 26.01.2026

© В. Н. Алехин, Е. П. Мельникова, В. В. Трубочанин, В. Ю. Мурай, 2026

Рецензент: С. А. Легкий, канд. экон. наук, доц.,

Автомобильно-дорожный институт

(филиал) ДонНТУ в г. Горловка

В. Н. Алехин, Е. П. Мельникова, В. В. Трубочанин, В. Ю. Мурай

Анализ рынка машиностроительной продукции России: тенденции и перспективы

В статье проведен анализ подотрасли машиностроительной промышленности – горного машиностроения, рынка горнопроходческой техники, основных производителей России, текущего состояния рынка, ключевых тенденций развития.

На машиностроительную отрасль приходится в среднем 19,6 % от общего объема промышленного производства России, а объем горного машиностроения среди подотраслей машиностроения составляет в среднем 12 %. В ходе исследования определены основные производители и поставщики горнопроходческой техники на территории России: Копейский машиностроительный завод, Ясиноватский машиностроительный завод, до 2022 г. в число крупных производителей входил и Юргинский машиностроительный завод, который в настоящее время проходит реорганизацию; из иностранных производителей на российском рынке представлен китайский концерн XCMG, до 2022 г. был представлен производитель из Швеции Sandvik Mining, который в связи с санкциями ушел с российского рынка и одна страна-импортер – Китайская Народная Республика. Установлено, что объем продаж проходческих комбайнов в 2024 г. показал рост на 51 %, достигнув 37 шт. в год, по сравнению с 2022 г. – 24 шт.

Предложены стратегические направления развития и совершенствования конкурентных позиций рынка горного машиностроения в направлении производства горнопроходческой техники.

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ПРОИЗВОДСТВО, ПРОДУКЦИЯ, ПРОХОДЧЕСКИЙ КОМБАЙН, ПОГРУЗОЧНАЯ МАШИНА, ТОНЕЛЛЕПРОХОДЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС, РЫНОК, ПОТРЕБИТЕЛЬ, ОБЪЕМ ПРОДАЖ

V. N. Alekhin, E. P. Melnikova, V. V. Trubchanin, V. Yu. Murai
Analysis of the Russian Engineering Market: Trends and Prospects

The article analyzes the mining engineering (a subsector of the engineering industry), the market for mining equipment, the main Russian manufacturers, its current state, and key trends.

The machine-building industry accounts for an average of 19.6 % of Russia's total industrial production, and the mining engineering subsector accounts for an average of 12 % of the engineering industry's total production. The study identified the main manufacturers and suppliers of mining equipment in Russia: Kopeysk Machine-Building Plant, Yasinovataya Machine-Building Plant, and, until 2022, Yurginsky Machine-Building Plant, which is currently undergoing reorganization. Among foreign manufacturers, the Chinese concern XCMG is represented on the Russian market. Until 2022, the Swedish manufacturer Sandvik Mining was represented, but it withdrew from the Russian market due to sanctions. One importing country, the People's Republic of China, was also present. It is established that the sales volume of heading machines in 2024 showed a 51 % increase, reaching 37 units per year, compared to 24 units in 2022.

Strategic directions for the development and improvement of the competitive position of the mining engineering market in the production of mining equipment are proposed.

MACHINE-BUILDING INDUSTRY, PRODUCTION, PRODUCTS, HEADING MACHINE, LOADING MACHINE, TUNNEL BORING MACHINE, MARKET, CONSUMER, SALES VOLUME

Сведения об авторах:

Алехин Владимир Николаевич

Магистр Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,
 Телефон: +7 949 319-72-29
 Эл. почта: alekhinvn1971@mail.ru

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

Трубчанин Владимир Викторович

Доктор экономических наук, доцент кафедры «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: 2214-9211
 Телефон: +7 949 309-16-88
 Эл. почта: chief@ymz-ltd.com

Мурай Владислав Юрьевич

Директор ООО «Научно-производственное объединение «Ясиноватский машиностроительный завод», г. Ясиноватая, ДНР, Российская Федерация,
 Телефон: +7 949 317-79-51
 Эл. почта: isp@ymzdn.ru

Authors' information:

Alekhin Vladimir Nikolaevich

Master's Student of Automobile and Road Institute of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,
 Phone: +7 949 319-72-29
 Email: alekhinvn1971@mail.ru

Melnikova Elena Pavlovna

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Head of the Chair “Management of Organizations” of Automobile and Road Institute 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

Trubchanin Vladimir Viktorovich

Doctor of Economic Sciences,

Associate Professor of the Chair “Management of Organizations” of Automobile and Road Institute of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Donetsk National Technical University” in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 2214-9211

Phone: +7 949 309-16-88

Email: chief@ymz-ltd.com

Murai Vladislav Iurievich

Director of the Scientific and Production Enterprise “Yasinovataya Machine-Building Plant”, Yasinovataya, DPR, Russian Federation,

Phone: +7 949 317-79-51

Email: isp@ymzdn.ru

УДК 625.7/.8:005.7:502.131.1

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.20921609>

М. П. Шевченко

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», г. Москва

ИНТЕГРАЦИЯ ПРИНЦИПОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В УПРАВЛЕНИЕ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ: ESG-ПОДХОД В АВТОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Рассматривается интеграция ESG-принципов в управление автодорожной инфраструктурой Российской Федерации. На основе данных 2018–2024 гг. оценена динамика социального, экологического и управленческого измерений отрасли и предложена трёхуровневая модель внедрения ESG-подхода: стратегический, операционный, проектный.

Ключевые слова: ESG-подход, устойчивое развитие, дорожная инфраструктура, управление проектами, IRIS, зелёная облигация, безопасность дорожного движения

Для цитирования: Шевченко, М. П. Интеграция принципов устойчивого развития в управление дорожной инфраструктурой: ESG-подход в автодорожной отрасли / М. П. Шевченко // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2026. – № 1(56). – С. 93–101. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20921609>.

Постановка проблемы

Автодорожная отрасль России входит в число ключевых объектов управления устойчивым развитием. По данным Министерства транспорта Российской Федерации, совокупный объём дорожных фондов в 2024 г. превысил 3,3 трлн руб., что на 10 % выше уровня 2023 г. и сопоставимо с бюджетом отдельных национальных проектов [1]. Столь масштабная хозяйственная деятельность сопровождается значимыми эффектами в трёх измерениях – экологическом, социальном и управленческом, – что напрямую соотносится с концепцией ESG (Environmental, Social, Governance).

Актуальность исследования определяется тремя обстоятельствами. Во-первых, завершение национального проекта «Безопасные качественные дороги» и переход к нацпроекту «Инфраструктура для жизни» требуют нового целевого ориентира – снижения смертности в ДТП в 1,5 раза к 2030 г. и в 2 раза к 2036 г. по сравнению с 2023 г. [1]. Во-вторых, сокращение внешних рынков капитала сделало сертификацию IRIS и российскую таксономию зелёных проектов основными инструментами привлечения устойчивого финансирования [2]. В-третьих, управленческие решения в отрасли по-прежнему принимаются преимущественно на основе стоимостных и временных индикаторов, тогда как экологические и социальные эффекты учитываются фрагментарно. Сформированный разрыв между ростом объёмов финансирования и зрелостью ESG-инструментов составляет основное противоречие, требующее научного осмысления.

Анализ последних достижений и публикаций

Концепция устойчивого развития закреплена в резолюции Генеральной Ассамблеи ООН A/RES/70/1 и развита в 17 Целях устойчивого развития (ЦУР), принятых в 2015 г. [3]. Применительно к инфраструктуре ключевыми являются ЦУР 9 (устойчивая инфраструктура), ЦУР 11 (устойчивые города) и ЦУР 13 (климатическая повестка). Институционализация ESG как самостоятельной аналитической рамки восходит к инициативе ООН «Who Cares Wins» 2004 г., впервые предложившей объединить экологические, социальные и управленческие факторы в единый контур корпоративного управления [4].

Для инфраструктурного сектора концептуальный каркас усилен Принципами качественных инфраструктурных инвестиций (Quality Infrastructure Investment, QII), одобренными лидерами G20 в Осаке в 2019 г. [5]. Принципы QII устанавливают шесть базовых требований к проектам: максимизация положительного влияния на экономику, эффективность жизненного цикла, учёт экологических аспектов, устойчивость к бедствиям, учёт социальных эффектов и надлежащее управление.

В зарубежной практике сложились четыре основные системы оценки устойчивости инфраструктурных проектов: Envision Института устойчивой инфраструктуры (США) [6], SEEQUAL компании BRE Group (Великобритания) [7], Infrastructure Sustainability Council (Австралия) [8] и национальная российская методика IRIS, разработанная ВЭБ.РФ и АНО «Национальный Центр ГЧП» в 2020 г. [9]. Методологическим документом, регулирующим российскую таксономию устойчивого финансирования инфраструктуры, является постановление Правительства РФ от 21.09.2021 № 1587 [2], а отраслевая правовая база закреплена Федеральным законом от 08.11.2007 № 257-ФЗ [10] и Федеральным законом от 17.07.2009 № 145-ФЗ о Государственной компании «Российские автомобильные дороги» и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [11].

Исследовательская ниша определяется тем, что большинство работ по ESG в России сосредоточены на финансовом и корпоративном секторах (банки, металлургия, нефтегаз), тогда как отраслевая специфика автодорожной инфраструктуры и управленческие механизмы её ESG-трансформации изучены фрагментарно. Настоящая работа направлена на восполнение этого пробела.

Цель статьи – выявить степень интеграции принципов устойчивого развития в управленческие практики автодорожной отрасли Российской Федерации и предложить модель внедрения ESG-подхода на уровне инфраструктурных проектов.

Для достижения цели решены следующие задачи: систематизированы теоретические подходы к ESG в инфраструктурном секторе; проведен статистический анализ динамики отраслевых показателей за 2018–2024 гг.; сопоставлена методика IRIS с международными системами оценки устойчивости инфраструктуры; сформулирована трёхуровневая модель интеграции ESG-подхода.

Исследовательская гипотеза заключается в том, что в условиях сжатия рынка зелёных облигаций управленческая интеграция ESG-принципов в автодорожной отрасли смещается с финансовых инструментов на проектные и нормативные, что требует пересмотра KPI-систем дорожных компаний.

Изложение основного материала исследования

Информационную базу составили открытые данные за 2018–2024 гг.: доклад Министерства транспорта Российской Федерации о результатах деятельности за 2024 г. [1]; прессматериалы Минтранса о состоянии опорной сети [12]; сведения Федерального дорожного агентства об аварийности на федеральных трассах [13] и наборы открытых данных Росавтодора [14]; статистика Госавтоинспекции МВД России [15]; статистика сектора устойчивого развития Московской биржи и Банка России [16, 17]; аналитический обзор АКРА по рынку ESG-облигаций [18]; материалы РОСИНФРА и ВЭБ.РФ о методике IRIS [9, 19, 20]; аналитика «Делового профиля» по инфраструктурному строительству [21] и материалы Национального ESG Альянса [4]. Применены методы описательной статистики, сопоставительного анализа методик оценки инфраструктуры и расчёта коэффициента покрытия индикаторов.

Анализ динамики ключевых показателей автодорожной отрасли за 2018–2024 гг. выявил разнонаправленные тенденции по трём направлениям ESG-триады (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика ключевых показателей автодорожной отрасли Российской Федерации в разрезе ESG-измерений, 2018–2024 гг.

Показатель	2018	2020	2022	2023	2024	Δ 2024 к 2018, %
Е: Ремонт дорог, в т. ч. капитальный, тыс. км	19,8	22,1	27,4	29,5	23,3	+17,7
Е: Строительство и реконструкция, тыс. км	1,6	1,8	2,0	2,1	1,4	-12,5
S: Смертность в ДТП, на 100 тыс. нас.	12,4	10,9	9,4	9,1	8,5	-31,5
S: Протяжённость опорной сети, тыс. км	–	–	138,0	140,5	140,5	–
G: Совокупные дорожные фонды, трлн руб.	1,75	2,10	2,75	3,00	3,30	+88,6
G: Доходы от системы «Платон», млрд руб.	22,4	29,8	42,6	49,0	52,6	+134,8

Источник: составлено автором по данным [1, 12, 13, 15].

В экологическом измерении объём ремонта дорог, включая капитальный, в 2024 г. составил 23,3 тыс. км против 29,5 тыс. км годом ранее – сокращение на 21,0 %; объём строительства и реконструкции снизился с 2,1 до 1,4 тыс. км [1]. Социальное измерение демонстрирует устойчивое улучшение: смертность в ДТП снизилась с 12,4 до 8,5 случая на 100 тыс. населения [15]; на федеральных дорогах в 2024 г. количество ДТП сократилось на 7,1 %, число пострадавших – на 8,3 %, погибших – на 6,0 % по отношению к 2023 г. [13]. Управленческое измерение отражено ростом дорожных фондов с 1,75 до 3,3 трлн руб., увеличением доходов от системы «Платон» на 7,3 % (52,6 млрд руб. в 2024 г.) и приростом поступлений от платных участков на 47 % [1].

Сопоставление динамики объёма дорожных фондов и смертности в ДТП демонстрирует отрицательную связь с коэффициентом корреляции $r \approx -0,97$ (рисунок 1), что согласуется с гипотезой о положительном влиянии инвестиций в модернизацию и обустройство дорог на безопасность. Такой результат не означает причинно-следственную связь, но отражает системный эффект сочетания строительных, организационных и контрольно-надзорных мер нацпроекта «Безопасные качественные дороги».

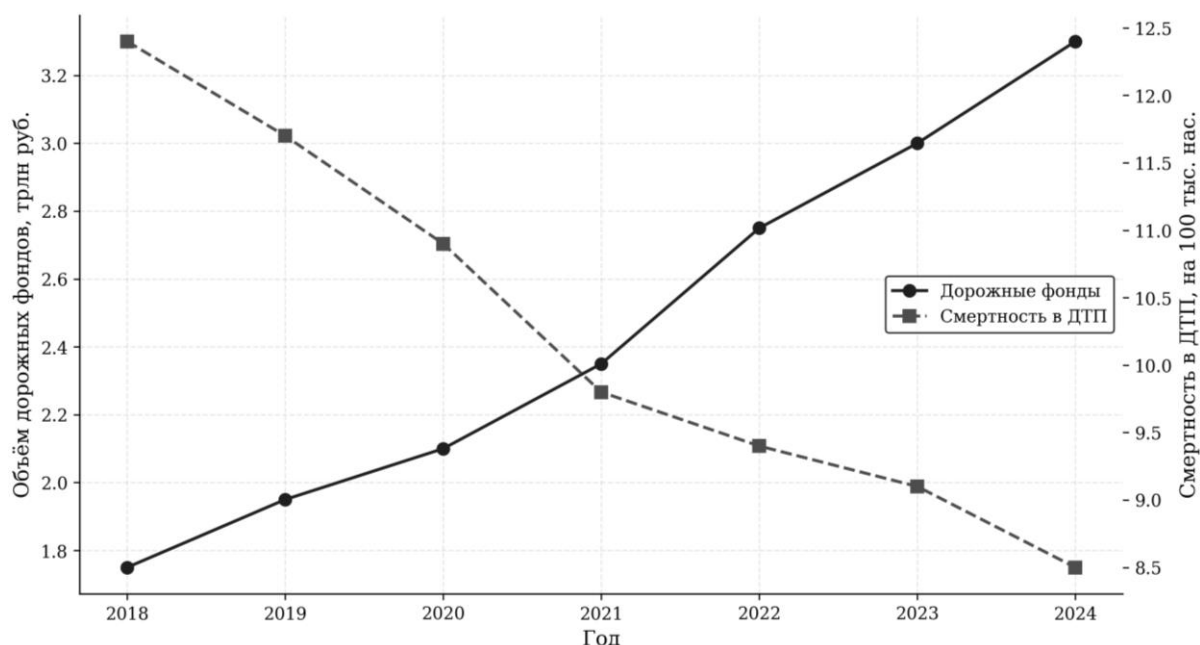


Рисунок 1 – Динамика объёма совокупных дорожных фондов и смертности в ДТП в Российской Федерации, 2018–2024 гг.

Источник: построено автором по данным [1, 15]

Анализ рынка устойчивого финансирования в секторе устойчивого развития Московской биржи [16, 17] выявил структурный сдвиг (рисунок 2).

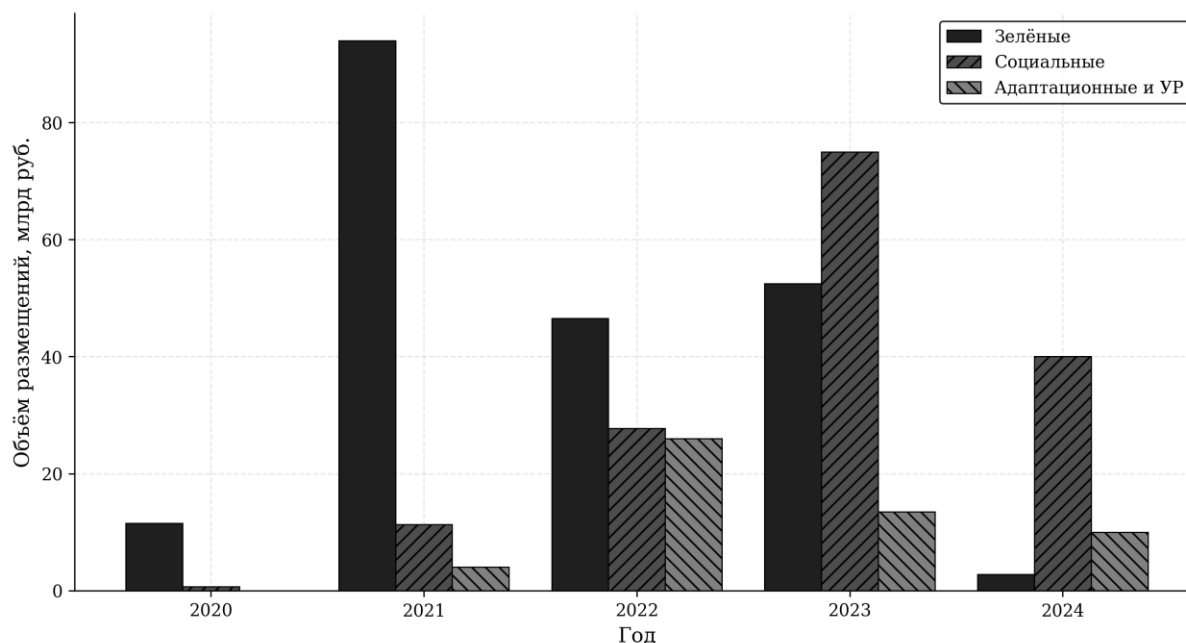


Рисунок 2 – Структура размещений ESG-облигаций в секторе устойчивого развития Московской биржи, 2020–2024 гг.

Источник: построено автором по данным [16, 17, 18]

Совокупный объем размещений ESG-облигаций в 2024 г. составил 52,8 млрд руб., что на 63,4 % ниже уровня 2023 г. [18]. Доля зеленых облигаций сократилась до 5,3 %, тогда как доля социальных облигаций достигла 76 % общего объема. Объем выпуска зеленых облигаций в 2024 г. составил лишь 2,8 млрд руб. против 52,5 млрд руб. в 2023 г. [18], что свидетельствует о временном сжатии каналов финансирования экологических проектов инфраструктуры.

Сравнительный анализ методики IRIS [9] и международных систем оценки устойчивости инфраструктурных проектов [6, 7, 8] (таблица 2) показывает, что российская система покрывает 67,4 % контрольных индикаторов (62 из 92), с полным покрытием раздела управления и частичным – в области климатического риска и биоразнообразия. Наиболее развиты аспекты «Экономика и управление» (28 индикаторов) и «Качество жизни» (22), тогда как раздел «Экология и климат» (12) требует расширения за счёт показателей углеродного следа жизненного цикла и адаптации к климатическим изменениям [19].

Таблица 2 – Сопоставление методики IRIS с международными системами оценки устойчивости инфраструктуры

Раздел оценки	IRIS (РФ)	Envision (США)	CEEQUAL (Великобритания)	IS (Австралия)	Покрытие IRIS, %
Экономика и управление	28	22	20	24	100,0
Качество жизни и социум	22	24	22	20	78,6
Экология и климат	12	26	20	24	46,2
Всего индикаторов	62	72	62	68	67,4

Источник: расчёты автора по материалам [6, 7, 8, 9].

Соответствие элементов ESG-триады компонентам методики IRIS представлено на рисунке 3. Управленческий элемент (G) полностью покрывается компонентом «Экономика и управление», экологический (E) – компонентом «Экология и климат», социальный (S) – компонентом «Качество жизни». Частичные пересечения образуют матрицу устойчивости дорожного проекта.

Элементы ESG-подхода	E – Экология	част.	—	полн.
	S – Социум	—	полн.	част.
	G – Управление	полн.	част.	—
		Экономика и управление	Качество жизни	Экология и климат
		Компоненты методики IRIIS		

Рисунок 3 – Матрица соответствия элементов ESG-триады и компонентов методики IRIIS

Источник: составлено автором по [9]

Теоретическое объяснение полученных результатов связано с институциональной особенностью отрасли: основной объект управления – квазипубличная инфраструктура [11, 21], для которой рыночные ESG-инструменты (зелёные облигации, ESG-рейтинги) играют вспомогательную роль. Ключевым механизмом становится встраивание ESG-принципов в проектный цикл через нормативы, систему IRIIS-сертификации и KPI подрядчиков. Это подтверждается опытом пилотного проекта «Восточный выезд» (г. Уфа), получившего по методике IRIIS 1 879 баллов из 3 000 (62,6 %) [20]. На основе полученных результатов предложена трёхуровневая модель интеграции ESG-подхода: стратегический уровень – синхронизация отраслевых документов с ЦУР [3] и принципами QII [5]; операционный – обязательная IRIIS-сертификация крупных инфраструктурных проектов [9]; проектный – включение ESG-KPI (удельные выбросы CO₂, доля вторичных материалов, снижение аварийности, зарплатный фонд местных подрядчиков) в контракты государственных и концессионных заказчиков [10].

Выводы и перспективы дальнейших исследований

Проведенное исследование показало, что автомобильная отрасль Российской Федерации находится в активной фазе перехода к управленческой модели, основанной на принципах устойчивого развития, однако этот переход носит асимметричный характер. Наиболее выраженная положительная динамика прослеживается в социальном измерении: за период 2018–2024 гг. смертность в ДТП сократилась с 12,4 до 8,5 случая на 100 тыс. населения, а показатели аварийности на федеральных трассах снизились на 6–8 % только за последний отчётный год, что отражает системный эффект мер нацпроекта «Безопасные качественные дороги» и совокупного роста дорожных фондов почти на 89 % за рассматриваемый период.

Вместе с тем экологическое и финансовое измерения ESG-повестки в отрасли остаются наименее зрелыми. Выявленное сокращение доли зелёных облигаций в совокупном выпуске ESG-бумаг до 5,3 % в 2024 г. свидетельствует о том, что рыночные механизмы устойчивого финансирования инфраструктуры в российских условиях временно утрачивают эффективность, а центр тяжести ESG-трансформации объективно смещается с финансовых инструментов на проектно-управленческие. Это обстоятельство делает задачу встраивания принципов устойчивого развития в управленческий цикл дорожных проектов не опциональной, а системной.

Сопоставление отечественной методики IRIS с международными системами Envision, CEEQUAL и IS показало покрытие на уровне 67,4 % контрольных индикаторов с полным соответствием по блоку управления и существенным отставанием в части климатических рисков и оценки жизненного цикла, что определяет приоритетные направления её дальнейшего развития. Авторский вклад работы состоит в систематизации инструментов ESG-трансформации отрасли, количественной оценке сопряжения российской и международной практики оценки инфраструктуры, а также в формулировании трёхуровневой модели интеграции ESG-подхода.

Ограничения исследования связаны с краткостью временного ряда, опорой на агрегированные данные государственной статистики и отсутствием в российской практике отраслевой методики учёта выбросов жизненного цикла дорожной одежды. Перспективные направления дальнейших исследований видятся в разработке отраслевого стандарта оценки углеродного следа автомобильной дороги, эмпирической апробации предложенной модели на выборке концессионных проектов и изучении влияния ESG-рейтинга подрядчика на итоговую стоимость и качество инфраструктурного объекта.

Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.

Список литературы

1. Доклад о результатах деятельности Министерства транспорта Российской Федерации за 2024 год, целях и задачах на 2025 год и плановый период до 2027 года / [Министерство транспорта Российской Федерации]. – Москва : Минтранс России, 2025. – 39 с. – URL: <https://mintrans.gov.ru/file/529090> (дата обращения: 19.04.2026). – Текст : электронный.
2. Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зелёного) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации инструментов финансирования устойчивого развития в Российской Федерации : постановление Правительства Российской Федерации от 21.09.2021 № 1587. – Текст : электронный // ГАРАНТ : [официальный интернет-портал правовой информации]. – URL: <https://base.garant.ru/402839344/> (дата обращения: 15.04.2026).
3. Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development : resolution A/RES/70/1 : adopted by the General Assembly on 25 September 2015. – New York : United Nations, 2015. – URL: <https://sdgs.un.org/2030agenda> (дата обращения: 09.04.2026). – Текст : электронный.
4. Национальный ESG Альянс : [официальный сайт]. – URL: <https://esg-a.ru/ru/about> (дата обращения: 18.04.2026). – Текст : электронный.
5. G20 Principles for Quality Infrastructure Investment : endorsed at the G20 Osaka Summit, 28–29 June 2019. – Текст : электронный // G20 Osaka Leaders' Declaration. – URL: mofa.go.jp (дата обращения: 17.04.2026).
6. Envision: Sustainable Infrastructure Framework. – Текст : электронный // Institute for Sustainable Infrastructure : [сайт]. – URL: <https://sustainableinfrastructure.org/document/introduction-to-envision/> (дата обращения: 18.04.2026).
7. CEEQUAL: the sustainability assessment, rating and awards scheme for civil engineering : official website of BRE Group. – URL: <https://bregroup.com/products/ceequal/> (дата обращения: 18.04.2026). – Текст : электронный.
8. Infrastructure Sustainability Rating Scheme : official website of the Infrastructure Sustainability Council. – URL: <https://www.iscouncil.org> (дата обращения: 18.04.2026). – Текст : электронный.
9. Система оценки качества и сертификации инфраструктурных проектов IRIS : [официальный сайт]. – URL: <https://acra-irisi.ru> (дата обращения: 18.04.2026). – Текст : электронный.
10. Российская Федерация. Законы. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федеральный закон от 08.11.2007 № 257-ФЗ : принят Государственной Думой 18 октября 2007 года : одобрен Советом Федерации : 26 октября 2007 года. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72386/ (дата обращения: 29.04.2026). – Текст : электронный.
11. Российская Федерация. Законы. О Государственной компании «Российские автомобильные дороги» и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федеральный закон от 17.07.2009 № 145-ФЗ : принят Государственной Думой 26 июня 2009 года : одобрен Советом Федерации 7 июля 2009 года. – URL: https://minfin.gov.ru/ru/document/?id_4=16936-federalnyi_zakon_ot_17_iyulya_2009_goda_145-fz_o_gosudarstvennoi_kompanii_rossiiskie_avtomobilnye_dorogi_i_o_vnesenii_izmenenii_v_otdelnye_zakonodatelnye_akti_rossiiskoi_fede (дата обращения: 21.04.2026). – Текст : электронный.
12. В 2024 году по нацпроекту обновили почти 1,4 тыс. км региональной опорной сети дорог : [пресс-релиз]. – Текст : электронный // Министерство транспорта Российской Федерации : [сайт]. – URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/11555>. – Дата публикации: 14.11.2024.

13. Все показатели аварийности на федеральных трассах Росавтодора снизились по итогам 2024 года : [пресс-релиз]. – Текст : электронный // Федеральное дорожное агентство РОСАВТОДОР : [сайт]. – URL: <https://bkdrf.ru/news/read/vse-pokazateli-avariynosti-na-federalnyh-trassah-rosavtodora-snizilis-po-itogam-2024-goda>. – Дата публикации: 29.01.2025.
14. Открытые данные. – Текст : электронный // Федеральное дорожное агентство : [официальный сайт]. – URL: <https://rosavtodor.gov.ru/opendata> (дата обращения: 30.04.2026).
15. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. – Текст : электронный // Госавтоинспекция МВД России : [официальный сайт]. – URL: <http://stat.gibdd.ru> (дата обращения: 18.04.2026).
16. Выпуск зелёных облигаций (для небанковских организаций) / А. Антонов, А. Цумерова, Е. Табачников, В. Волгарев. – Текст : электронный // МОЕХ Московская биржа : [официальный сайт]. – URL: <https://bondguide.moex.com/articles/bond-preparation-process/42> (дата обращения: 30.04.2026).
17. Выпущенные на внутреннем рынке долговые ценные бумаги, включённые в сектор устойчивого развития. – Текст : электронный // Банк России : [официальный сайт]. – URL: https://www.cbr.ru/statistics/macro_itm/sec_st/issue_sector/. – Дата публикации: 04.2026.
18. Российский рынок ESG-облигаций: деление на три : аналитический обзор. – Текст : электронный // АКРА : [официальный сайт]. – Текст : электронный. – URL: <https://www.acra-ratings.ru/research/2807/>. – Дата публикации: 30.01.2025.
19. Системы оценки и сертификации. – Текст : электронный // ВЭБ/РФ: [официальный сайт]. – URL: <https://xn--90ab5f.xn--p1ai/ustojchivoe-razvitie/kachestvennaya-infrastruktura/> (дата обращения: 27.04.2026).
20. Первым в России проектом, прошедшим сертификацию IRIIS, стал Восточный выезд из Уфы. – Текст : электронный // Восточный выезд : [сайт]. – URL: <https://восточныйвыезд.рф/news/pervym-v-rossii-proektom-proshedshim-sertifikatsiyu-iriis-stal-vostochnyy-vyezd-iz-ufy/> (дата обращения: 18.04.2026).
21. Инфраструктурное дорожное строительство: реализация планов и прогнозы : аналитические материалы. – Текст : электронный // Деловой профиль: Аудиторско-консалтинговая компания : [официальный сайт]. – URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/infrastrukturnoe-dorozhnoe-stroitelstvo-realizatsiya-planov-i-prognozy/> (дата обращения: 27.04.2026).

References

1. Report on the results of the activities of the Ministry of Transport of the Russian Federation for 2024, goals and objectives for 2025 and the planning period until 2027. [Ministry of Transport of the Russian Federation]. Moscow : Ministry of Transport of Russia, 2025. 39 p. (In Russ.) URL: <https://mintrans.gov.ru/file/529090>
2. On approval of criteria for sustainable (including green) development projects in the Russian Federation and requirements for the verification system for sustainable development financing instruments in the Russian Federation : Resolution of the Government of the Russian Federation of September 21, 2021, No. 1587. GUARANTEE : [official internet portal of legal information]. (In Russ.) URL: <https://base.garant.ru/402839344/>
3. Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development : resolution A/RES/70/1 : adopted by the General Assembly on 25 September 2015. New York : United Nations, 2015. (In Eng.) URL: <https://sdgs.un.org/2030agenda>
4. National ESG Alliance : [official website]. (In Russ.) URL: <https://esg-a.ru/ru/about>
5. G20 Principles for Quality Infrastructure Investment : endorsed at the G20 Osaka Summit, 28–29 June 2019. G20 Osaka Leaders' Declaration. (In Eng.) URL: mofa.go.jp
6. Envision: Sustainable Infrastructure Framework. Institute for Sustainable Infrastructure : [website]. (In Eng.) URL: <https://sustainableinfrastructure.org/document/introduction-to-envision/>
7. CEEQUAL: the Sustainability Assessment, Rating and Awards Scheme for Civil Engineering : official website of BRE Group. (In Eng.) URL: <https://bregroup.com/products/ceequal/>
8. Infrastructure Sustainability Rating Scheme : official website of the Infrastructure Sustainability Council. (In Eng.) URL: <https://www.iscouncil.org>
9. IRIIS Infrastructure Project Quality Assessment and Certification System: [official website]. (In Russ.) URL: <https://acra-iriis.ru>
10. Russian Federation. Laws. On Motorways and Road Activities in the Russian Federation and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation : Federal Law of 08.11.2007 No. 257-FZ : adopted by the State Duma on 18 October 2007 : approved by the Federation Council: 26 October 2007. (In Russ.) URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72386/
11. Russian Federation. Laws. On the State Company “Russian Highways” and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation : Federal Law of 17.07.2009 No. 145-FZ : adopted by the State Duma on 26 June 2009 : approved by the Federation Council on 7 July 2009. (In Russ.) URL: https://minfin.gov.ru/ru/document/?id_4=16936-federalnyi_zakon_ot_17_ilyulya_2009_goda_145-fz_o_gosudarstvennoi_kompanii_rossiiskie_avtomobilnye_dorogi_i_o_vnesenii_izmenenii_v_otdelnye_zakonodatelnye_akty_rossiiskoi_fede

12. In 2024, nearly 1,400 km of the regional backbone road network was upgraded under the national project : [press release]. Ministry of Transport of the Russian Federation : [website]. (In Russ.) URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/11555>
13. All accident rates on federal highways of Rosavtodor decreased by the end of 2024 : [press release]. Federal Road Agency ROSAVTODOR : [website]. (In Russ.) URL: <https://bkdrf.ru/news/read/vse-pokazateli-avariynosti-na-federalnyh-trassah-rosavtodora-snizilis-po-itogam-2024-goda>
14. Open data. Federal Road Agency: [official website]. (In Russ.) URL: <https://rosavtodor.gov.ru/opendata>
15. Information on Road Safety Indicators. State Traffic Inspectorate of the Ministry of Internal Affairs of Russia: [official website]. (In Russ.) URL: <http://stat.gibdd.ru>
16. Green Bond Issue (for Non-Bank Organizations). A. Antonov, A. Tsumerova, E. Tabachnikov, V. Volgarev. MOEX Moscow Exchange : [official website]. (In Russ.) URL: <https://bondguide.moex.com/articles/bond-preparation-process/42>
17. Domestic Debt Securities Included in the Sustainable Development Sector. Bank of Russia : [official website]. (In Russ.) URL: https://www.cbr.ru/statistics/macro_itm/sec_st/issue_sector/
18. The Russian ESG Bond Market: Divided into Three : An Analytical Review. ACRA : [official website]. (In Russ.) URL: <https://www.acra-ratings.ru/research/2807/>
19. Assessment and Certification Systems. VEB/RF : [official website]. (In Russ.) URL: <https://xn--90ab5f.xn--p1ai/ustojchivoe-razvitie/kachestvennaya-infrastruktura/>
20. The first project in Russia to receive IRIIS certification was the Eastern Exit from Ufa. Eastern Exit : [website]. (In Russ.) URL: <https://восточныйвыезд.рф/news/pervym-v-rossii-proektom-proshedshim-sertifikatsiyu-iriis-stal-vostochnyy-vyezd-iz-ufy/>
21. Infrastructure Road Construction: Implementation of Plans and Forecasts: Analytical Materials. Business Profile : Audit and Consulting Company : [official website]. (In Russ.) URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/infrastrukturnoe-dorozhnoe-stroitelstvo-realizatsiya-planov-i-prognozy/>

Статья поступила 04.05.2026

© М. П. Шевченко, 2026

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

М. П. Шевченко

Интеграция принципов устойчивого развития в управление дорожной инфраструктурой: ESG-подход в автодорожной отрасли

В статье рассматривается проблема адаптации концепции ESG (Environmental, Social, Governance) к системе управления автодорожной инфраструктурой Российской Федерации. Цель исследования – выявить степень интеграции принципов устойчивого развития в управленческие практики дорожной отрасли и сформулировать модель внедрения ESG-подхода на уровне инфраструктурных проектов.

Методологическую основу составили контент-анализ нормативных правовых актов и корпоративных отчётов, сопоставление российских и международных систем оценки устойчивости инфраструктуры (IRIIS, Envision, CEEQUAL, IS), статистический анализ открытых данных Министерства транспорта Российской Федерации, Федерального дорожного агентства, Госавтоинспекции МВД России и Банка России за период 2018–2024 годов.

Установлено, что совокупный объём дорожных фондов вырос с 1,75 до 3,3 трлн руб. (+88,6 %), смертность в дорожно-транспортных происшествиях сократилась с 12,4 до 8,5 случая на 100 тыс. населения (–31,5 %). Доля зелёных облигаций в совокупном выпуске ESG-бумаг сектора устойчивого развития Московской биржи в 2024 году снизилась до 5,3 %, что свидетельствует о сужении каналов устойчивого финансирования инфраструктуры. Выявлено, что российская методика IRIIS покрывает 67,4 % контрольных индикаторов международных систем оценки устойчивости дорожных проектов; раздел «Экология и климат» требует расширения за счёт показателей углеродного следа жизненного цикла и адаптации к климатическим изменениям.

Предложена трёхуровневая модель интеграции ESG-подхода: стратегический уровень (синхронизация отраслевых документов с Целями устойчивого развития ООН и принципами Quality Infrastructure Investment G20), операционный уровень (обязательная IRIIS-сертификация крупных инфраструктурных проектов), проектный уровень (включение ESG-KPI в контракты государственных и концессионных заказчиков). Вклад работы заключается в систематизации инструментов встраивания ESG-принципов в управленческий цикл автодорожной отрасли и количественной оценке сопряжения российской и международной практики оценки инфраструктуры.

ESG-ПОДХОД, УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ, ДОРОЖНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ, IRIIS, ЗЕЛЁНАЯ ОБЛИГАЦИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

M. P. Shevchenko

**Integration of Sustainable Development Principles into Road Infrastructure Management:
An ESG Approach in the Road Transport Sector**

The article examines the problem of adapting the ESG (Environmental, Social, Governance) concept to the management system of road infrastructure in the Russian Federation. The aim of the study is to identify the extent of integration of sustainable development principles into management practices of the road sector and to formulate a model for implementing the ESG approach at the level of infrastructure projects.

The methodological framework comprised content analysis of regulatory legal acts and corporate reports, a comparison of Russian and international infrastructure sustainability assessment systems (IRIIS, Envision, CEEQUAL, IS), and statistical analysis of open data from the Ministry of Transport of the Russian Federation, the Federal Road Agency, the State Traffic Safety Inspectorate of the Ministry of Internal Affairs of Russia, and the Bank of Russia for the period 2018–2024.

It is established that the total volume of road funds increased from 1,75 to 3,3 trillion rubles (+88,6 %), while road traffic fatality rates declined from 12,4 to 8,5 cases per 100,000 population (–31,5 %). The share of green bonds in the total issuance of ESG securities within the sustainable development sector of the Moscow Exchange fell to 5,3 % in 2024, indicating a narrowing of sustainable financing channels for infrastructure. It is revealed that the Russian IRIIS methodology covers 67,4 % of the control indicators of international road project sustainability assessment systems; the “Ecology and Climate” section requires expansion through the inclusion of life-cycle carbon footprint indicators and climate change adaptation measures.

A three-level model for integrating the ESG approach is proposed: the strategic level (synchronization of sectoral documents with the UN Sustainable Development Goals and the G20 Quality Infrastructure Investment principles), the operational level (mandatory IRIIS certification for major infrastructure projects), and the project level (inclusion of ESG-KPIs in contracts of public and concession authorities). The contribution of this work consists in systematizing the tools for embedding ESG principles into the management cycle of the road transport sector and in providing a quantitative assessment of the alignment between Russian and international infrastructure assessment practices.

ESG APPROACH, SUSTAINABLE DEVELOPMENT, ROAD INFRASTRUCTURE, PROJECT MANAGEMENT, IRIIS, GREEN BOND, ROAD TRAFFIC SAFETY

Сведения об авторе:

Шевченко Максим Павлович

Студент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», г. Москва, Российская Федерация,

ORCID: 0009-0005-0036-348X

Телефон: +7 900 285-27-66

Эл. почта: sanvaniti@gmail.com

Author's information:

Shevchenko Maksim Pavlovich

Student of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration”, Moscow, Russian Federation,

ORCID: 0009-0005-0036-348X

Phone: +7 900 285-27-66

Email: sanvaniti@gmail.com

АВТОРЫ ЖУРНАЛА

- Алехин В. Н. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Башева Т. С. Донбасская национальная академия строительства и архитектуры – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Макеевка
- Борисова Е. А. Государственное бюджетное учреждение «Донгипрошахт», г. Донецк
- Буй Ба Кхьем Хайфонский университет, г. Хайфон, Вьетнам
(Vui Ba Khiem) (Hai Phong University, Hai Phong, Vietnam)
- Буи Нгок Май Хайфонский университет, г. Хайфон, Вьетнам
(Vui Ngoc Mai) (Hai Phong University, Hai Phong, Vietnam)
- Бурлаченко Т. И. Государственное бюджетное учреждение «Донгипрошахт», г. Донецк
- Буслова А. В. Государственное бюджетное учреждение «Донгипрошахт», г. Донецк
- Гомаль И. И. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк
- Казымова О. А. Государственное бюджетное учреждение «Донгипрошахт», г. Донецк
- Мельникова Е. П. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Мищенко Н. И. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Мурай В. Ю. ООО «Научно-производственное объединение «Ясиноватский машиностроительный завод», г. Ясиноватая
- Петров А. И. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Плотников Д. А. Донбасская национальная академия строительства и архитектуры – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Макеевка
- Руднева Е. Ю. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
(Rudneva E. Yu.) (Automobile and Road Institute of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Donetsk National Technical University” in Gorlovka)
- Свечкаренко Е. Н. Государственное бюджетное учреждение «Донгипрошахт», г. Донецк
- Солдатова В. В. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт научно-технической информации», г. Донецк
- Сподарева Е. Г. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт научно-технической информации», г. Донецк
- Супрун В. Л. 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
- Трубчанин В. В. Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
- Химченко А. В. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I», г. Воронеж
- Шевченко М. П. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», г. Москва

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 Σ (как знак суммы), Π (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

Веб-сайт: <http://ojs.donntu.ru/index.php/vestiadi>; vestnik.adidonntu.ru; <https://адидоннту.рф/>